

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Nehnaná náprava TATRA pro návěs

Free axle TATRA for semitrailer

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Ondřej Drozd
doc. Ing. Fries Jiří, Ph.D.

Ostrava 2011

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ondřej Drozd**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje
Téma: Nehnaná náprava TATRA pro návěs
Free Axle TATRA for Semitrailer

Zásady pro vypracování:

V rámci zadání vypracujte řešerši dané problematiky. Navrhněte konstrukci přídavné nápravy TATRA a technické řešení jejího připojení k rámu vozu. Proved'te potřebné pevnostní a kinematické výpočty. Vypracujte technickou dokumentaci dle požadavků zadavatele. Výkresová dokumentace by měla být v rozsahu 2x A0 (popř. jejich ekvivalent). Bližší specifikaci provozních podmínek a zatížení určí zadavatel – TATRA, a.s. popřípadě Doprava TŽ, a.s.

Seznam doporučené odborné literatury:

JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.
JEŘÁBEK, K. – HELEBRANT, F. – JURMAN, J. – VOŠTOVÁ, V. *Stroje pro zemní práce, Silniční stroje*. Opava: Grafis spol. s r.o., 1996. 468 s.
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 23. 5. 2011



podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové (bakalářské) práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

23. 5. 2011



podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Ondřej Drozd

Adresa trvalého pobytu autora práce: Na Stezce 10a/1607, Havířov / Bludovice, 736 01

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

DROZD O. Nehnaná náprava Tatra pro návěs. Ostrava: Katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní, VŠB-TU Ostrava, 2011, 55 stran diplomové práce, vedoucí Doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá konstrukcí návěsu, který je určen pro vozy Tatra. Na začátku práce je úvodní nastínění dané problematiky a jsou vytyčeny její cíle. Po úvodu navazuje teoretická část, kde je uvedena definice návěsu, jejich historie a možnost vzniku těchto návěsů s hlediska legislativy. Dále je v práci kapitola o nákladních automobilech, jejich typy a konstrukce, které navazují na téma návěs.

Po této části plynuje navazují jednotlivé části konstrukce tak, jak byly určeny zadavatelem, doplněny o kontrolní výpočet. V závěru je pohled na řešení z ekonomického hlediska, provoz návěsu a výhledy do budoucna.

ANOTATION OF THESIS

DROZD O. Free axle TATRA for semitrailer. Ostrava: Department of Production Machines and Design, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB – Technical University of Ostrava, 2011, 55 p. Thesis, Head: Doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

The thesis deals with the construction of a semitrailer which is designed for the Tatra trucks. There is an introductory outline of the issue and goals-setting at the beginning of the work. A theoretical part follows the introduction where the definition of a semitrailer, history of trailers and possibility of their construction in terms of legislation are described. Further, there are chapters connected with the topic “semitrailer” – that cover a description of trucks, their types and constructions.

A practical part occupies with the particular parts of the semitrailer construction as assigned by a contracting authority. The part is accompanied by a check calculation. In conclusion part, a solution suggestion from economic point of view can be found. The operation of the trailer and future prospects are dealt with as well.

OBSAH

Seznam použitého značení	8
1 Úvod a cíle práce	9
1.1 Cíle diplomové práce	10
2 Nákladní automobily	10
2.1 Obecná definice	10
2.2 Rozdělení nákladních automobilů	11
2.2.1 Dle typu nástavby vozu	11
2.3 Nápravy	14
2.3.1 Přední nápravy	14
2.3.2 Zadní nápravy	15
2.3.3 Počet náprav nákladního automobilu	17
2.3.4 Centrální nosná roura	18
3 Přehled pevných návěsů	19
3.1 Existence pevných návěsů	19
3.2 Výhody pevných návěsů	19
3.3 Marketing	20
3.4 Pohled do historie	20
3.5 Současnost pevných návěsů	23
4 Návrh návěsu	24
4.1 Požadavky na návěs	24
4.2 Varianty řešení	25
4.2.1 Uspořádání nehnané nápravy	25
4.2.2 Nehnaná náprava Tatra	25
4.2.3 Návrh části rámu vedení v oblasti nápravy	27
4.2.4 Nosný rám s výztuží	28
4.2.5 Příčníky	28
4.2.6 Nástavba rámu	31
4.2.7 Nosník korby	33
4.3 Řešení připojení nápravy k vedené části vozidla	34
4.3.1 Deska pro ukotvení čepů	35
4.3.2 Příruba - protikus čepů	36
4.4 Návrh řízení a jeho umístění na podvozek návěsu	37
4.4.1 Princip řízení	38
4.4.2 Páka řízení	38
4.4.3 Ukotvení řídicí páky	39
5 Pevnostní výpočet čepového spoje	41

6 Finanční pohled – ekonomické hledisko	46
6.1 Provoz nákladního automobilu při 26% sólo jízd.....	47
6.2 Provoz nákladního automobilu při 100% sólo jízd.....	48
6.3 Výsledky průzkumu u autodopravce	49
6.4 Vyhodnocení ekonomického hlediska.....	50
7 Připojení a provoz – výhled do budoucna	50
8 Zhodnocení a závěr	51
9 Vizualizace návěsu	53
10 Seznam použitých pramenů	54
11 Přílohy	55

Seznam použitého značení

a	charakteristický rozměr svaru	[mm]
D	průměr čepu	[mm]
F	síla působící na čep	[N]
f_a	třecí součinitel pro asfalt	[-]
k	součinitel bezpečnosti	[-]
k_3, k_4	převodní součinitelé	[-]
l	rameno působící síly	[mm]
M_o	ohybový moment	[Nmm]
R_e	napětí na mezi kluzu	[MPa]
S	plocha svaru	[mm ²]
W_o	modul odporu průřezu v ohybu	[mm ³]
β	Součinitel koutového svaru	[-]
π	Ludolfovo číslo	[-]
σ_o	napětí materiálu v ohybu	[MPa]
σ_{Do}	dovolené napětí materiálu	[MPa]
τ_{II}	smykové napětí	[MPa]
τ_{\perp}	napětí od ohybového momentu	[MPa]
$\tau_{\text{výsl.}}$	výsledné napětí	[MPa]

1 Úvod a cíle práce

Každý autodopravce nebo dopravní firma si představuje přemísťování velkého množství materiálu, a to v co nejkratším čase a samozřejmě, co nejlevněji.

U valné většiny těchto společností se k dopravě materiálu využívá čtyřnápravových, resp. třínápravových nákladních automobilů. Většina těchto vozidel má uspořádání náprav 8×4 , popř. 8×6 , 8×8 , u šestikolých 6×4 a 6×6 . Lze zde najít nepřeberné množství různých nástaveb, a to dle stávajících požadavků a potřeb dopravce.

Největším limitujícím prvkem pro dopravu materiálu je pak maximální povolená hmotnost, kterou nelze při dané specifikaci vozu překročit. Tyto hmotnostní limity jsou legislativou ČR stanoveny pro čtyřnápravové vozy na 32 t, u třínápravových je to 26 t. Při těchto hmotnostních limitech je dopravce nucen k zakoupení většího množství vozidel nebo vozidla musí ujet více jízd, než požadované množství materiálu přemístí. Tyto údaje se jistě projeví v ekonomice většiny z podniků.

Tento problém lze vyřešit, nebo alespoň částečně zmírnit použitím jednonápravového návěsu se zadní vlečenou samo-natáčecí nápravou. Návěs se okolo královského čepu neotáčí, ale je pomocí navržených spojů pevně připojen k rámu tahače. Takto vzniklá čtyř nebo 5- ti nápravová souprava se chová jako sólo podvozek. Spoj je plně rozebíratelný, a lze jej kdykoliv rozpojit, a to navíc během pár minut. Samotný návěs bude realizovaný jako 1- nápravový a bude vybaven samo-natáčecí nápravou, čímž samozřejmě dojde ke zlepšení manévrování s vozem.

Touto snadnou a konstrukčně poměrně jednoduchou úpravou dojde k zařazení vozu do skupiny návěsových souprav, kde je maximální celková hmotnost omezena pro jízdní soupravy u 4- nápravových tahačů + návěsu na 42 t resp. na 36 t u 3- nápravových tahačů + návěsu. Tímto dojde ke zvýšení užitečného zatížení vozidla o cca. 8 t.

Zavedení tohoto nového prvku se projeví především ve snížení počtu jízd, nutných k přemístění materiálu, a tím i nákladů spojených s přepravou materiálů.

1.1 Cíle diplomové práce

- Konstrukční návrh, uspořádání nehnané řízené nápravy, pneumaticky odpružené pro jednoosý návěs
- Návrh části rámu návěsu v oblasti nápravy
- Konstrukční návrh řešení připojení nápravy k vedené části vozidla
- Konstrukční návrh řízení a jeho umístění na návěsu
- Pevnostní výpočet čepového spoje návěsu s vozidlem

2 Nákladní automobily

2.1 Obecná definice

Nákladní automobil, jehož základy byly položeny již koncem 19. století, je typem užitkového automobilu, sloužícího hlavně pro přepravu nákladu nad 1500 kilogramů. Může se jednat o menší automobily s nosností několika tun, nebo velké kamiony s návěsem popř. jedním až dvěma přívěsy s nosností několika desítek tun. Ve většině případů se jedná o dvoustopé motorové vozidlo se dvěma, třemi a více hnanými nápravami., které bývá nejčastěji poháněno vznětovým spalovacím motorem. [6]

Typickým představitelem třídy nákladních automobilu (obr. 2.1), je níže uvedená 6-ti nápravová Tatra, která nemá problém s převozem požadovaného materiálu jak po pozemní komunikaci, tak i v tom nejtěžším terénu.



Obr. 2.1 Nákladní automobil Tatra [5]

2.2 Rozdělení nákladních automobilů

Nákladní automobily lze dělit podle několika kritérií. Zákazník vždy přichází s určitými požadavky, na které bude nákladní automobil potřebovat. Mezi nejzákladnější, které zde uvedu, budou jistě patřit tyto:

- jaký druh materiálu bude chtít zákazník přepravovat
- jaké bude jeho množství, od čehož se odvíjí další požadavky, např. počet náprav nákladního automobilu

Ne jinak tomu bude také u řešené přídatné nehnané nápravy, uvedl bych zde tedy několik základních příkladů pro celkový přehled, jakými nastavbami se dají nákladní vozy vybavit.

2.2.1 Dle typu nastavby vozu

Skříňové

Jako nákladní automobil se skříňovou nastavbou (obr. 2.2), se označuje ten, který má montovanou samostatnou skříň na univerzálním podvozku. Skříň tvoří celek funkčně i vizuálně odděleny od kabiny pro řidiče. Skříň montovaná na univerzální podvozek má rovnou podlahu, do které nezasahují blatníky, pevnou, nesnímatelnou střechu a bočnice.

Nástavba může mít mnoho provedení. Může být konstruovaná jako ohřívací, mrazírenská, dále může sloužit jako pojízdná dílna, pro potřebu vojska může sloužit jako radiostanice a v neposlední řadě může sloužit také k přepravě osob. [6]



Obr. 2.2 Nákladní automobil Tatra se skříňovou nastavbou [5]

Valníkové

Valník je nákladní vozidlo s nástavbou (obr. 2.3), ve formě otevřené vany, většinou s otevíratelnými bočnicemi. Ložná plocha má rovnou podlahu. Bočnice, která je ve směru jízdy vpředu pevná, ostatní jsou sklopné nebo odnímatelné.

Valníková nástavba patří k těm nejjednodušším, využívá se především při přepravě odolného nebo dobře zabaleného zboží. Vozidla s valníkovou nástavbou umožňují zakrytí ložné plochy plachtou. [6]



Obr. 2.3 Nákladní automobil Tatra T810 [5]

Sklápěčové

Sklápěč je zvláštní forma nástavby pro nákladní automobily (obr. 2.4). Základní tvar korby je podobný valníkové nástavbě - vana s rovným dnem a sklopnými bočnicemi.

Zásadní rozdíl proti valníku je v možnosti celou nástavbu i s naloženým materiálem sklopit a materiál vysypat mimo automobil. Sklápěč je tedy určen k dopravě sypkého materiálu jako písek nebo zemina.

Nástavba je spojena s podvozkem automobilu sklopným mechanismem. Díky tomuto mechanismu je možné celou nástavbu i s materiálem sklopit a materiál dle potřeby vysypat. Běžná provedení sklápěčů jsou jedno, dvoj a třístranné. [6]



Obr. 2.4 Nákladní automobil Tatra – sklápěč [5]

Plachtové

Podobná konstrukce jako u skříňových nástaveb, ložný prostor je ovšem namísto pevné skříňě ohraničen plachtami, které jsou oproti skříňové nástavbě demontovatelné.

Speciální

Do této kategorie patří nákladní vozy se speciálními nástavbami, které jsou určeny vždy pro jeden specifický úkon. Mohou to být různé druhy cisteren, domíchávačů jeřábu popř. vozy sloužící pro ochranu obyvatelstva (obr. 2.5). [6]

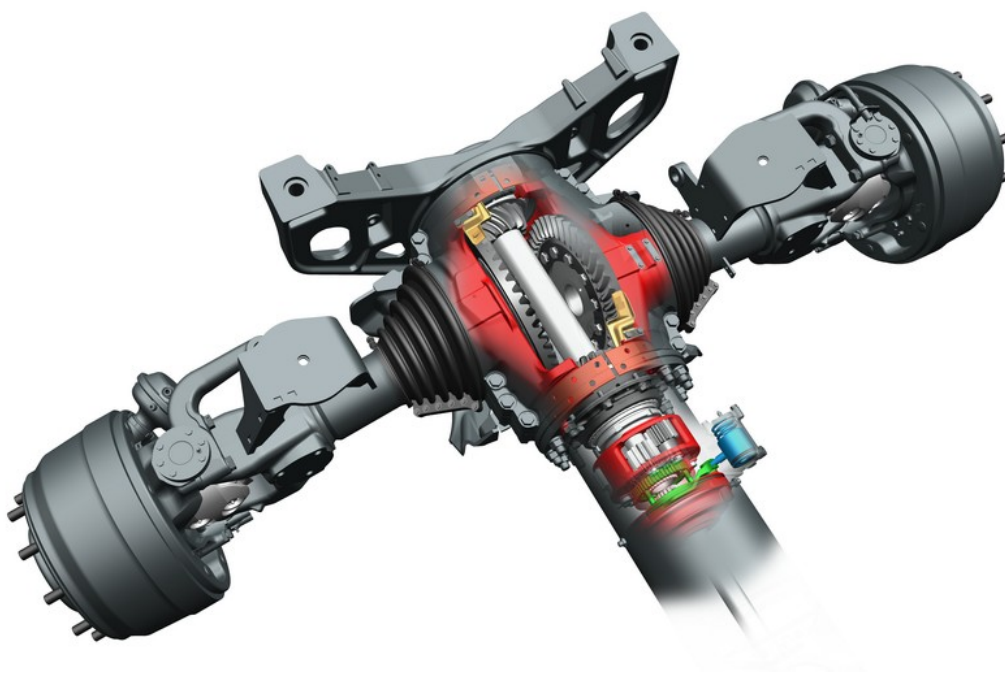


Obr. 2.5 Tatra T815 - hasičské vozidlo [5]

2.3 Nápravy

Nápravy TATRA jsou ve své základní verzi vždy poháněné a vždy opatřeny uzávěrkami diferenciálu obr. 2.6. Ve skříni nápravy je uložena dvojice hnanych talířových kol (pro každou polonápravu jedno) a dvojice pastorků, přenášejících točivý moment od diferenciálu. Ten je umístěn mimo nápravu v centrální nosné troubě a je na rozdíl od klasického řešení náprav s kuželovým diferenciálem tzv. korunového, resp. válcového typu.

Vnitřní prostor skříně je uzpůsoben pro výkyvný pohyb polonáprav. Nápravy jsou osazeny vzduchovými bubnovými brzdami, vybavenými klínovými rozvírači Perrot a pro legislativní verze snímač pro montáž proti- blokovacího systému ABS. [5]



Obr. 2.6 Náprava Tatra s diferenciálem [5]

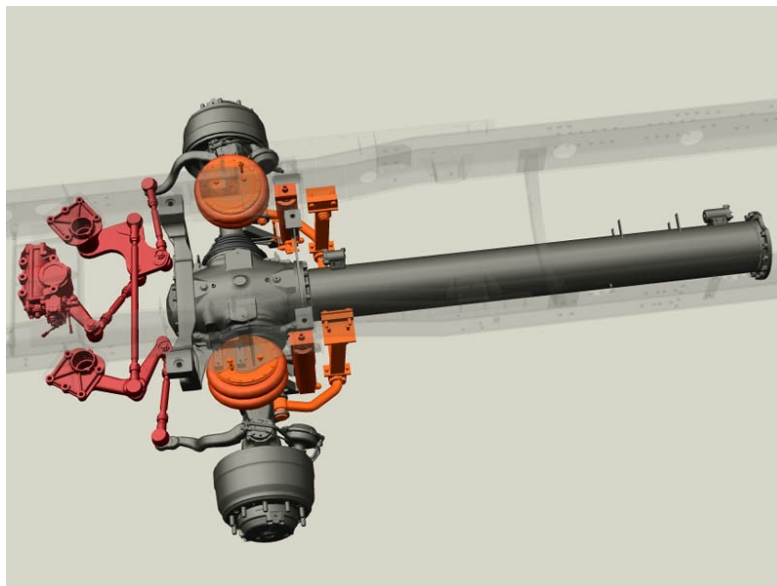
2.3.1 Přední nápravy

Mechanické

Bývají v provedení s torzními tyčemi pro verze s jednou řízenou přední nápravou a s listovými pružinami pro verze se dvěma řízenými nápravami s nosnostmi do 8 tun na nápravu. [5]

Vzduchové

Tyto nápravy (obr. 2.7) se používají do nosnosti 9 tun a mají možnost regulace světlé výšky. [5]

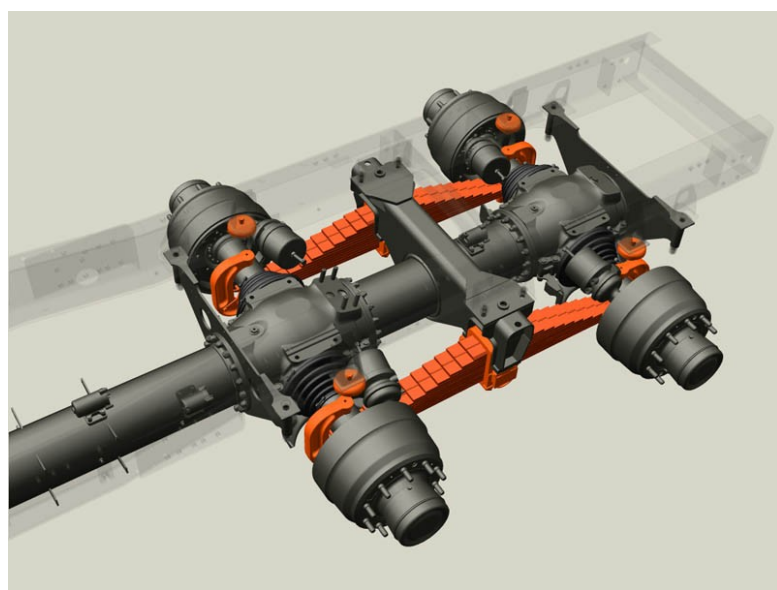


Obr. 2.7 Přední řízená náprava Tatra se vzduchovým odpružením [5]

2.3.2 Zadní nápravy

Mechanické s listovými pružinami

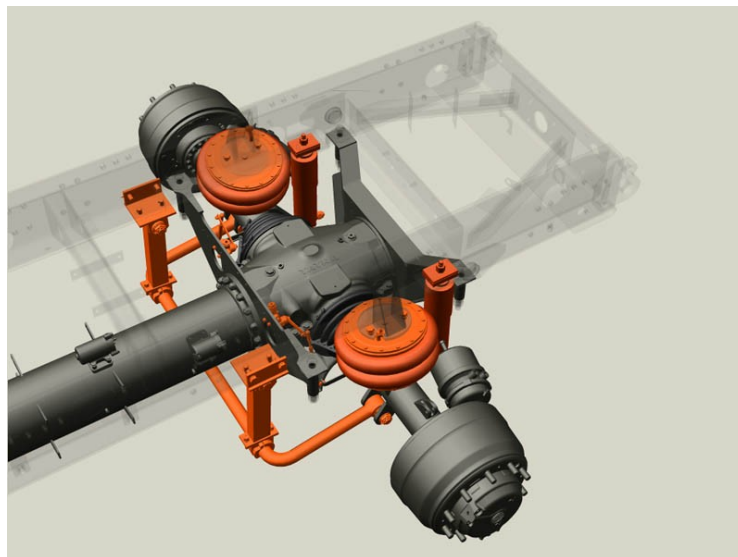
V provedení nosnosti do 11,5 tun na nápravu (obr. 2.8). [5]



Obr. 2.8 Zadní náprava Tatra s listovými pružinami [5]

Vzduchové

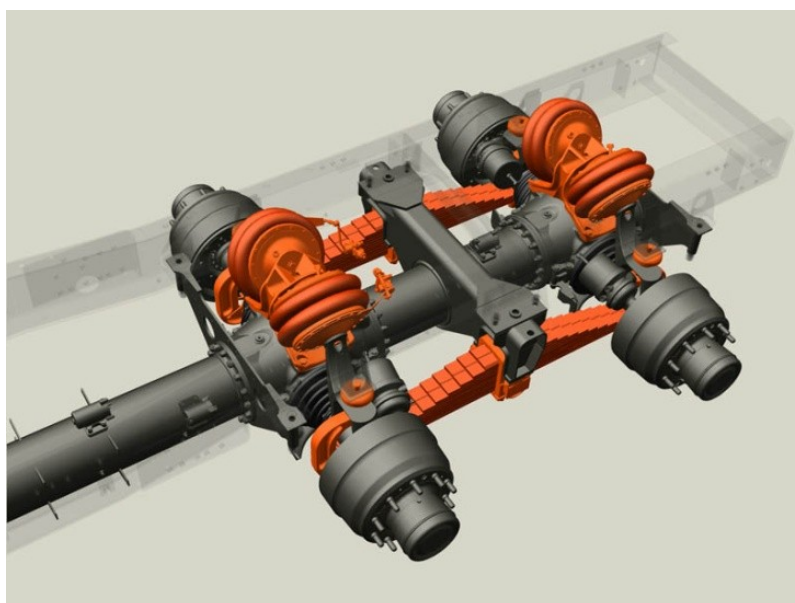
Vzduchové zadní nápravy mají možnost úpravy světlé výšky a nosnost na nápravu je okolo 10 tun. [5]



Obr. 2.9 Zadní náprava Tatra vzduchovým odpružením [5]

Kombinované

Kombinace provedení buď vzduchový vak s uvnitř uloženou vinutou pružinou, nebo s listovými pery. Nosnost je do 11,5 tuny resp. 13, 15 a 16,5 tun na nápravu. [5]



Obr. 2.10 Zadní kombinovaná náprava Tatra vzduchové vaky + listová pera [5]

2.3.3 Počet náprav nákladního automobilu

Řešení náprav 4x4

Nákladní vozy s pohonem kol 4x4 (obr. 2.11) jsou zejména určeny pro provoz na pozemních komunikacích a ve smíšených podmínkách. Mohou být nasazeny do těžkého terénu.

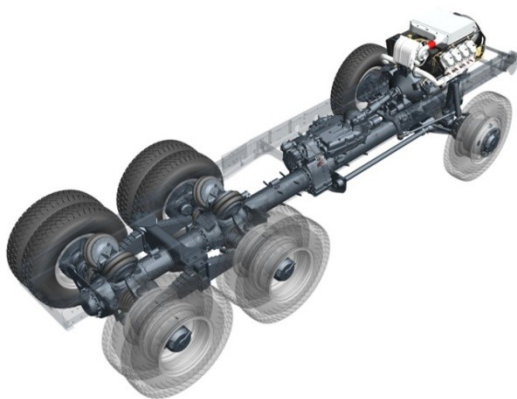
Bývají připraveny pro kompletaci s účelovou nástavbou, jako jsou výše zmiňované valníky a skříňové nástavby. Bývají také vybaveny sklopnými korbami a mohou sloužit pro tažení přívěsu. [5]



Obr. 2.11 Koncepce pohonu Tatra – 4x4 [5]

Řešení náprav 6x6

Zaměření náprav s pohonem kol 6x6 (obr. 2.12) bývá nejčastěji pro provoz na pozemních komunikacích a pro těžký terén. Dle výrobního programu mohou být vyrobeny pro kompletace s nástavbami, mohou být vybaveny korbami a mohou sloužit také jako návěsové tahače. [5]

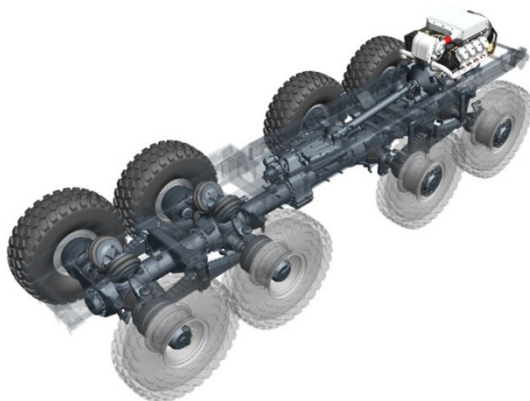


Obr. 2.12 Koncepce pohonu Tatra – 6x6 [5]

Řešení náprav 8x8

Obdobně jako u náprav 6x6 jsou nápravy 8x8 (obr. 2.13) vhodné jak pro provoz na pozemních komunikacích, tak i pro těžký terén, kde se naplno projeví koncepce čtyřhnaných náprav.

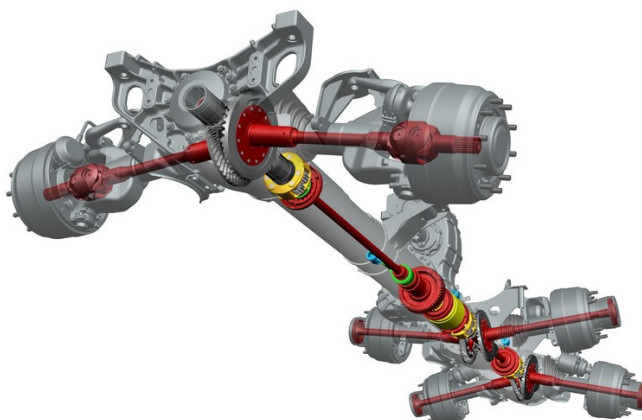
Mohou být dle požadavků v provedeních podvozků připravených pro nástavby, bývají také vybaveny sklopnými korbami. Používají se také jako tahače návěsů. [5]



Obr. 2.13 Koncepce pohonu Tatra – 8x8 [5]

2.3.4 Centrální nosná roura

- vysoká torzní a ohybová tuhost chrání nástavby od přenášeného zatížení.
- modulový systém umožňuje sestavu 2, 3, 4, 5, a 6nápravových vozidel s různými rozvory, možný pohon všech kol.
- provozně nejohroženější část rozvodu hnacího momentu k nápravám je umístěna do nosné roury a touto rourou chráněna. [5]



Obr. 2.14 Centrální nosná roura na 6 -ti nápravovém podvozku [5]

3 Přehled pevných návěsů

3.1 Existence pevných návěsů

Návěs je silniční vozidlo, které nemá přední nápravu a je konstruováno tak, aby jeho část a podstatná část jeho hmotnosti a nákladu spočívala na tahači. Ve vyhlášce ministerstva dopravy není zmínka o tom, jestli se musí návěs hýbat v podélném a příčném směru – není to tedy přímo zakázáno, je tedy možno tuto variantu používat.

Vzdálenost mezi poslední nápravou motorového vozidla, jehož největší povolená hmotnost převyšuje 3,50 t, a první nápravou přívěsu, jehož největší povolená hmotnost převyšuje 3,50 t, musí být nejméně 3,00 m. Tento bod platí pouze pro přívěsy – zmínka o návěsech zde není, tzn., že vzdálenost mezi poslední nápravou tahače a 1. nápravou pevného návěsu může být i 1,5 m.

Největší povolená hmotnost silničních vozidel nesmí překročit u jízdních souprav 48 t - toto platí pro českou republiku. Není definováno, jakou povolenou hmotnost má mít tažné vozidlo a jakou přípojně tzn., že je to součet celkových povolených hmotností jednotlivých vozidel jízdní soupravy. [4]

3.2 Výhody pevných návěsů

Pevný návěs přináší hned několik výhod, díky kterým by každý autodopravce měl uvažovat, zdali si toto provedení pořídit či nikoliv.

Mezi hlavní výhody systému pevného návěsu patří:

- užitečná hmotnost oproti sólu, čili klasickému nákladnímu vozu větší o 8 t
- provozní hmotnost se oproti sólu přibližně zvýší o 2 t
- celková povolená hmotnost je pro 5-ti nápravové vozy 42 t, pro 4-nápravové je to 36 t
- náprava návěsu se dá zvednout – úspora nákladů na pneumatiky
- couvání jako u sólo vozidel
- poloměry otáčení se nemění, jen je delší převis vozu
- k jednomu tahači pevných návěsů lze použít více druhů pevných návěsů

3.3 Marketing

Vhodné typy nástaveb, které bude možno použít pro pevný návěs (viz. rešerše nástaveb)

- Sklápěče
- Domíchávače betonu
- Hákové nosiče kontejnerů
- Valníkové nástavby s hydraulickou rukou
- Speciální nástavby

Zákazníci, které by pevný návěs mohl oslovit, budou pravděpodobně ze sféry dopravních a stavebních podniků, betonárek a komunálního odvětví.

3.4 Pohled do historie

První informace o pevném spojení 3-osého podvozku s 1-osým přívěsem se objevily v roce 1981, kdy v Německu vznikl první konstrukční návrh takto řešené nápravy u firem Meierling a Dautel (*obr. 3.1*), které se konstrukcí částí nákladních vozů a přípojných vozidel zabírají dodnes. [4]



Obr. 3.1 Nákladní automobil Mercedes s pevným přívěsem Dautel [4]

Pevný návěs vznikl z několika prostých důvodů:

- 1) Německá legislativa v roce 1981 neznala 4-osý podvozek, maximálně měly vozy 3 nápravy a celkovou hmotnost jen 22 t.
- 2) U přívěsu ani u návěsu nebyla definice, že nesmí být pevně spojen s tažným vozidlem (toto pravidlo platí dodnes)
- 3) Vzdálenost mezi středem poslední nápravy tažného vozidla a 1. nápravou přívěsu nebyla definována (to se v Německu změnilo v červnu 1985 od kdy je tato vzdálenost definována na minimálně 3 metry) [4]

Mezi roky 1981 až 1985 vyrobily firmy Meierling a Dautel přes 1000 ks těchto pevných přívěsů, z nichž některé jezdí po silnicích dodnes. Časem se celková hmotnost 3-osých vozidel zvýšila na 26 t, potom má celá souprava hmotnost 36 t. Jako podvozky se nejčastěji používaly vozidla se znakem náprav 6x4 nebo 6x6 výjimečně i 4x2. [4]

Po zmíněném červnu 1985, kdy byla v Německu definována nová vzdálenost mezi poslední nápravou tažného vozidla a 1. nápravou přívěsu, firma Dautel dlouho nečekala a přišla s pevným návěsem ve 2 provedeních typ DAV 4.36 a DVL 5.40 (obr. 3.2). Oba systémy se vyráběly do 18.10.1986, kdy došlo k další změně legislativy a min. vzdálenost mezi poslední nápravou tahače a 1. nápravou návěsu byla 2,5 m. [4]



Obr. 3.2 Systém polopevných návěsů Dautel [4]

V roce 1986 představila rakouská firma Primetzhofer variantu pevného návěsu obr. 3.3, který se na silnici chová jako normální návěsová souprava a při vjezdu do terénu dojde k hydraulickému posunu královského čepu na návěsu a vodorovný čep umístěný před 1. nápravou návěsu se nasune do tahače návěsu. [4]



Obr. 3.3 Nákladní automobil firmy Primetzhofer [4]

Po delší odmlce, která trvala až do roku 1995, německá firma Meierling obnovila původní systém pevných přívěsů a navrhla systém pevných návěsů s hydraulicky posuvnou točnicí (obr. 3.4). Při jízdě po silnici se pevný návěs chová jako klasický návěs. Možností také bylo zvednout nápravu návěsu a vznikl tak nákladní automobil 8x4 s mírně přetíženými zadními nápravami. S podobným systémem přišla i belgická firma KWB. [4]

V produkci německé a belgické firmy vzniklo několik desítek kusů a poté byla výroba ukončena. Největším problémem, který pravděpodobně zapříčinil ukončení výroby, byla nejspíše cena této soupravy. [4]



Obr. 3.4 Nákladní automobil s nástavbou firmy Meierling [4]

3.5 Současnost pevných návěsů

Na výše zmíněná řešení západních sousedů z 80. a 90. let navázala v roce 2010 Slovenská firma VS-Mont, která se téměř 20 let zabývá řešením a konstrukcí nástaveb pro nákladní automobily.

Tato společnost představila na brněnské výstavě užitkových vozidel nové řešení tohoto problému, když na výstavu přivezla 5-ti nápravový domíchávač (obr. 3.5), kde poslední, pátá náprava byla nehnaná a na nákladním automobilu vedená jako návěs.

Dle české a slovenské legislativy se takto nově vzniklá, 5-ti nápravová návěsová souprava chová v praxi jako 5-ti nápravový sólo podvozek. Touto úpravou bylo dosaženo zařazení do skupiny návěsových souprav a byla značně navýšena zatížitelnost soupravy v souladu s legislativou.

Momentálně jezdí po Slovensku pět těchto přestavěných nákladních vozů, jedná se o sklápečkové a domíchávací soupravy, vyrábí se šestý a sedmý vůz, který bude jezdit v ČR. [4]



Obr. 3.5 Nákladní automobil Scania s návěsem firmy VS-Mont [7]

4 Návrh návěsu

Po první konzultaci a předběžném nastínění požadavků ze strany Tatry, a.s. bude řešení návěsu na začátku práce rozděleno do několika podsekcí, které jsou uvedeny v cílech práce, a při závěrečném sjednocení dají projektu finální podobu.

Při řešení jednotlivých částí dojde k samotnému návrhu nástavby rámu - ten se bude skládat z profilů, které budou zakomponovány na stávající rám Tatra. Na zadní část rámu bude také přivařen nosník korby a nezbytné přídržné krytky. Dále se nástavba rámu doplní o háčky po celé své délce, které dopomohou ke spojení návěsu s vozidlem.

Připojení nápravy k vedené části vozidla - bude realizováno čepovým spojem. Samotné čepy budou vetknuty a přivařeny na přírubě, která bude součástí spojovacího dílu, tzv. nosné roury. Tento spoj bude také podroben pevnostnímu výpočtu.

Řízení nehnané nápravy a jeho umístění na vedení - na nosné rouře bude uchycena páka řízení, se kterou budou kloubově spojeny jak táhla řízení, tak i středící válec. Na rozdíl od táhel, která jsou spojena přímo s jednotlivými koly, bude pro středící válec navrženo pouzdro na zadním příčnicku nápravy.

Takto vytvořená náprava bude spojena s nástavbou pomocí dvou příčnicku - předního, který bude upevněn přímo na nosné troubě a zadního, který bude pomocí příruby přišroubován k rozvodovce. Zadní příčník bude rovněž z důvodu uchopení středícího válce vyztužen.

4.1 Požadavky na návěs

Při navrhování nástavby byly preferovány tyto vlastnosti:

- rychlá montáž, demontáž
- lehká, avšak pevná konstrukce
- jednoduchost konstrukce
- levná výroba – použití stávajících komponent Tatra

4.2 Varianty řešení

4.2.1 Uspořádání nehnané nápravy

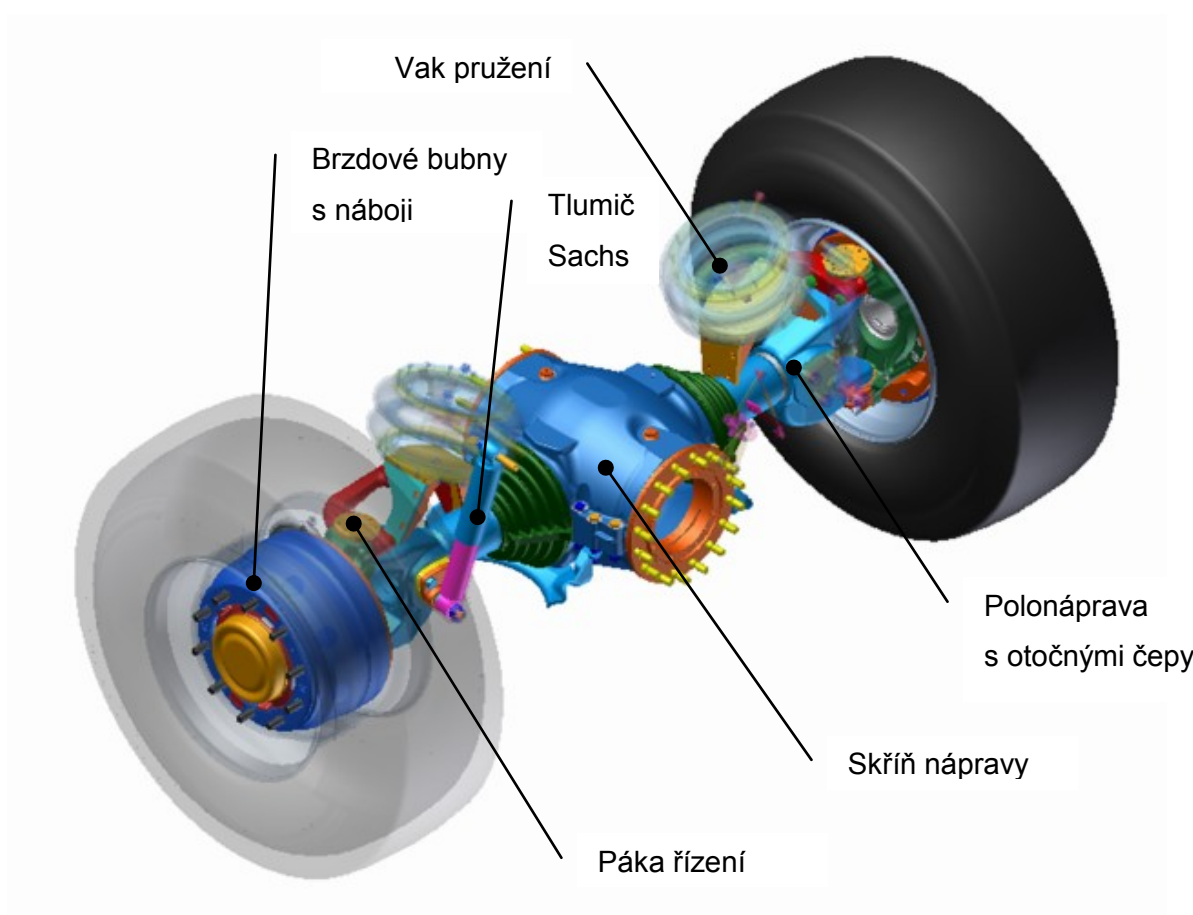
Na začátku celého řešení je potřeba si stanovit uspořádání jednotlivých prvků na nápravě tak, aby se připojený návěs choval jako součást již používaného vozidla. Jednotlivé části návěsu, jak na sebe navazují, můžete najít níže, kde budou podrobněji rozebrány v kapitolách.

Další nezbytnou součástí jsou rozměry a hodnoty zatížení, které musí být dány tak, aby vše fungovalo jak má. Tyto hodnoty jsou již z předešlých zkušeností určeny zadavatelem.

Jako nejzákladnější hodnoty bych uvedl tyto:

- rozvor mezi poslední nápravou vozu a nápravou návěsu – 1600 mm
- rozchod nápravy návěsu – 1992 mm
- zatížení na nápravu – 10t

4.2.2 Nehnaná náprava Tatra



Obr. 4.1 Nehnaná náprava Tatra

Náprava je obdobná těm, které se běžně používají v nákladních automobilech Tatra s tím rozdílem, že je nehnaná.

Pro přehled, z čeho se nehnaná, řízená náprava Tatra skládá, je zde výťah o nejdůležitějších částech:

- **skříň nápravy**

Centrální část propojena s vozem nosnou troubou a zadním příčnickem běžně slouží pro uložení dvou pastorků a talířových kol, které přenášejí točivý moment od motoru na kola nápravy, je v našem případě odlehčená o zmíněné pastorky a talířová kola, jelikož je náprava nehnaná a není jich zde zapotřebí.

- **polonáprava s otočnými čepy**

Tato součást nápravy slouží ke spojení skříně s náboji kol a brzdami, toto ovšem není jediný účel, umožňuje také kývavý pohyb kol při průjezdu terénem a je nositelem pro vaky pérování. V polonápravách jsou v případě hnané nápravy umístěny hřídele s homokinetickým kloubem pro přenos krouticího momentu od talíře ke kolu. Tento hřídel je v případě nehnané nápravy demontován.

- **vaky pružení**

Mají na starost udržení polonáprav ve vodorovné poloze.

- **brzdové bubny s náboji**

Na konci zmíněných polonáprav je umístěn náboj kola s bubnovými brzdami, na které se nasazují kola.

- **řízení nápravy**

Náprava je řízená, tudíž se na čepu řízení uloženém na polonápravách nachází páky řízení, které jsou spojeny pomocí táhel řízení s pákou, která zajišťuje samotné natáčení nápravy.

- **kola s pneumatikami**

Mají na starost přenos sil mezi nápravou a vozovkou. Rozměr kol je 445/65 R22,5.

- **ostatní prvky nápravy**

Mezi další prvky této nápravy by se daly zařadit spojovací materiály v podobě šroubů s podložkami, držáky tlumičů, které jsou umístěny na polonápravách a tlumiče, které jsou na jedné straně připevněny k polonápravám a na konci jsou spojeny s rámem.

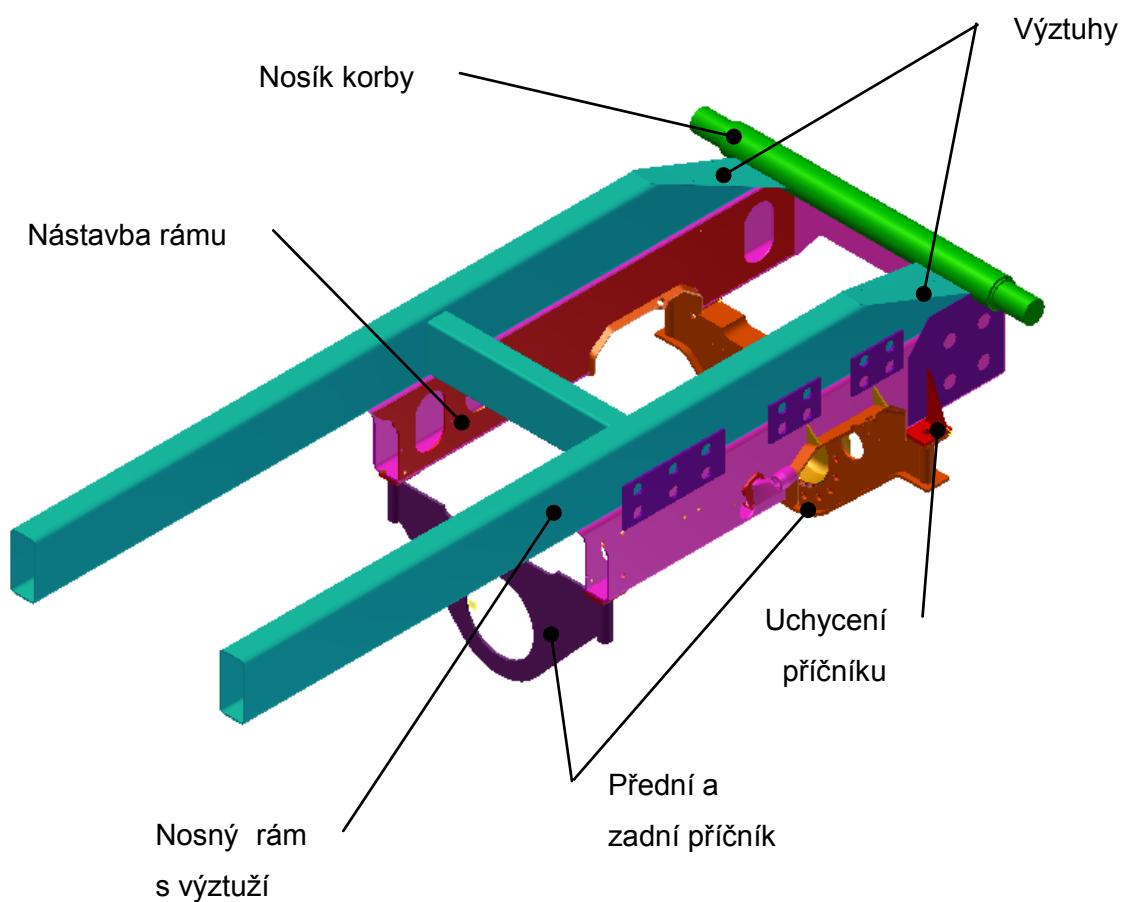
4.2.3 Návrh části rámu vedení v oblasti nápravy

Rám s nástavbou budou sloužit k uchycení nápravy k zadní části vozu. Nástavba rámu bude rovněž sloužit jako základ pro použitou nástavbu – v našem případě bude připraven sklápěč.

Nástavba rámu bude připevněna na nosný rám s výztuží, na kterém jsou upevněny prvky nápravy. Nástavbu rámu a nosný rám zhotoví výrobce nástavby.

Části rámu:

- nosný rám s výztuží
- nástavba rámu
- výztuhy
- uchycení příčnicku
- nosník korby
- příčnicky



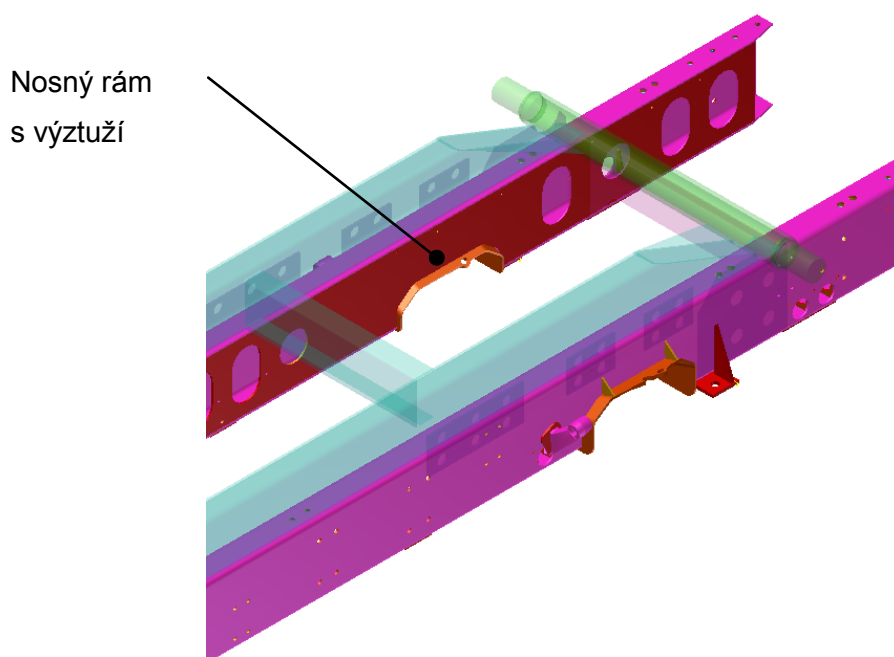
Obr. 4.2 Nosný rám s nástavbou

4.2.4 Nosný rám s výztuží

Jedná se o U profil (obr. 4.3) vyrobený z materiálu S460 MC (řada vysoce pevnostní za tepla válcované ocele, určené pro tváření za studena, vyznačující se vysokou pevností, výbornou tvářitelností a dobrou svařitelností), který je následně zesílen výztuží.

Samotný U profil má šířku 100 mm, výšku 300 mm při tloušťce 7 mm. V přední části rámu jsou vyřezány výše zmíněné zalomení pro lepší přizpůsobení zadní části automobilu.

Na bocích rámu jsou dále vyřezány potřebné otvory pro vaky pružení. Tyto otvory jsou rovněž vyztuženy, aby se zpevnil jak rám, tak i dosedací plochy pro tlumící vaky.

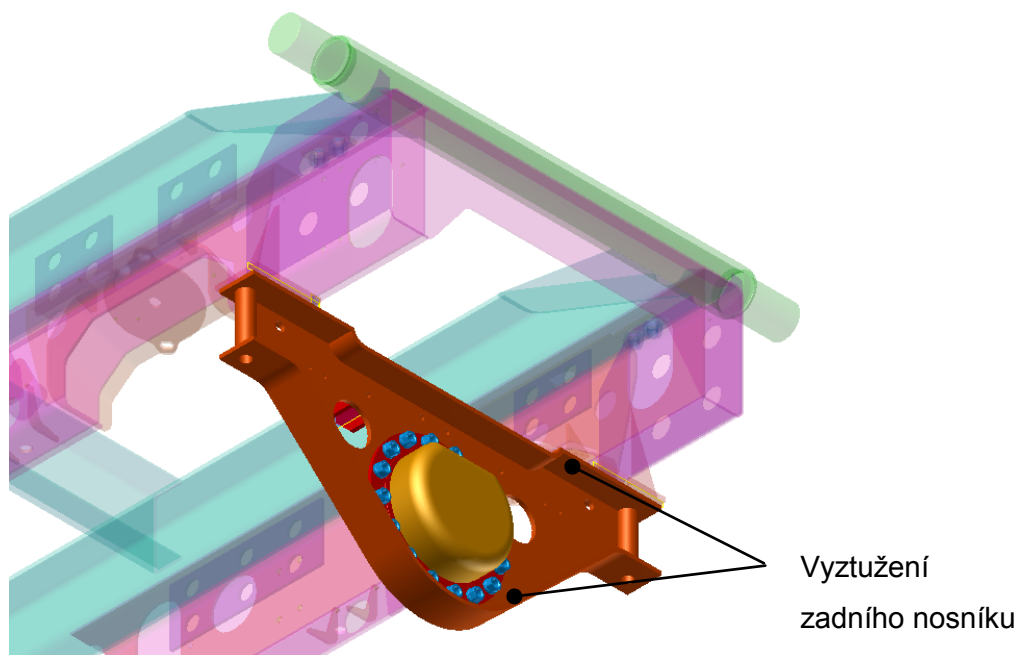


Obr. 4.3 Nosný rám s výztuží před zkrácením

4.2.5 Příčnícíky

Příčnícíky se na návěsu nacházejí dva. Zadní, který je základní součástí vozidel Tatra a přední, který slouží ke zpevnění celku.

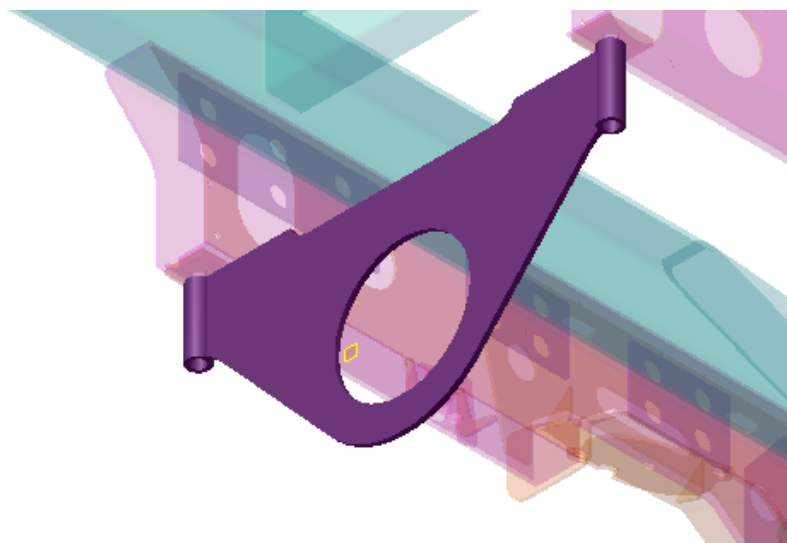
Zadní příčnícík (obr. 4.4) je jakési zakončení vozidla a slouží ke spojení nápravy s rámem. Pro náš případ byl vyztužen v celé horní a spodní části. Důvodem toho vyztužení je umístění uložení řídicí páky přímo na jeho konstrukci a přenos podélných sil, které vznikají při brzdění návěsu. O vyztužení se postará 10 mm ocelový plech, který v horní i dolní části kopíruje profil příčnícíku. Šířka výztuže je 90 mm.



Obr. 4.4 Zadní vyztužený příčník

Příčník vpředu (obr. 4.5) zpevňuje konstrukci v oblasti nosné roury, ke které je také připevněn. Jeho umístění si vyžádal čepový spoj, který je na nosné rouře umístěn.

Oba tyto příčníky jsou vyrobeny z ocelového plechu jakosti S365 a technologií laserového řezání a svaření. K připojení slouží šrouby M22x1,5 – 10.9 s matkami a podložkami.



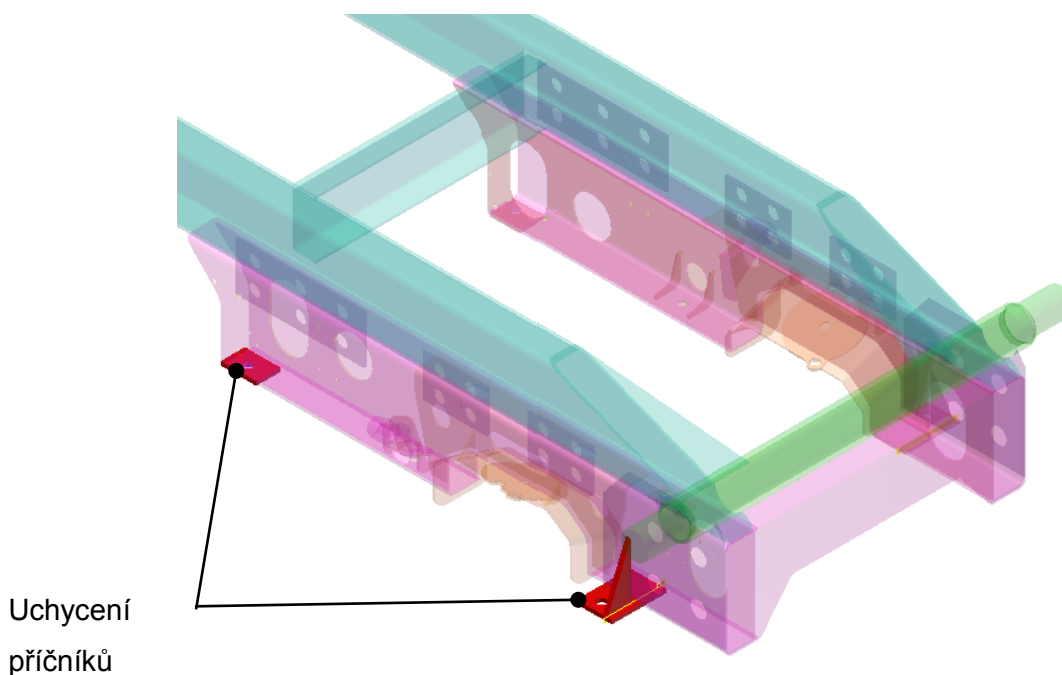
Obr. 4.5 Přední příčník

Uchycení příčnicku

Rám rovněž bude sloužit pro připojení příčníků, které budou v přední a zadní části. Pro tyto potřeby budou do rámu vyvrtány otvory zespod pro jejich uchopení pomocí šroubů v přední části a v zadní části rámu budou připevněny obdobně, ovšem pomocí technologie svařování.

V přední části navíc budou vytvořeny otvory zespod v rámu, které budou doplněny 12 mm patkami pro přišroubování příčnicku. Rozměr přední patky je na délku 110mm a šířka je 75 mm. Kruhový otvor pro šroub je jak v rámu, tak v patce o průměru 28 mm.

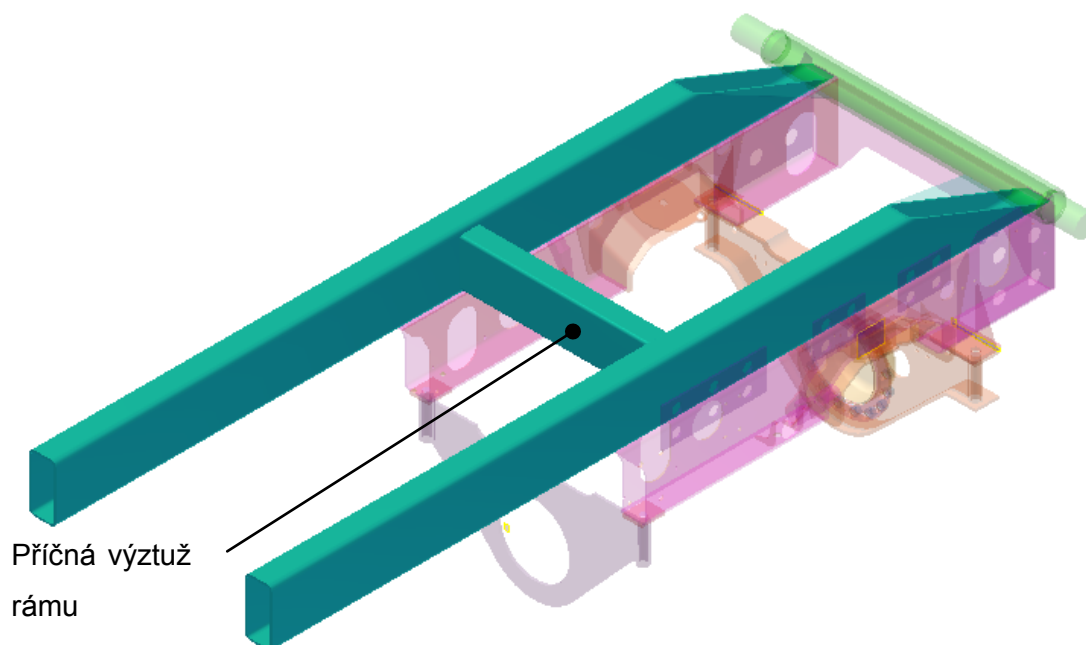
V zadní části budou ony patky zvětšeny, aby přesahovaly směrem ven z rámu a navíc vyztuženy, více viz úchyt příčnicku na obr. 4.6. Délka zadní patky je 100 mm při šířce 170 mm. Patka je doplněna trojúhelníkovou výztuží, která bude přivařena z boku rámu. V tomto případě bude otvor vytvořen pouze v patce, rozměrově je obdobný přednímu, čili průměr 28 mm.



Obr. 4.6 Patky pro přichycení předního a zadního příčnicku

4.2.6 Nástavba rámu

Tato nástavba plní několik funkcí. Hlavní funkcí je samozřejmě vznik samotného návěsu tím, že bude protažena přes celou délku nákladního vozu a za kabinou připevněna ke královskému čepu. Další, neméně podstatnou funkcí, bude uchycení a samotné uložení nástavby, kterou si budoucí provozovatel zvolí.



Obr. 4.7 Nástavba rámu

Rozměry nástavby

Celkovou délku nástavby bych zde neuváděl, bude se totiž lišit v tom, zdali bude použita na tří- nebo čtyř - nápravové podvozkové platformě.

Rozměry nástavby jsou přizpůsobeny tak, aby nikde nevyčnívaly a plynule navazovaly na rám návěsu. Výška nástavby je zvolena 220 mm a je vyrobena z ocelového plechu tloušťky 12 mm.

Úprava pro nosník korby

V zadní části rámu bude jednoduše připraveno uchycení pro nosník korby. Rám bude technologií laserového řezání zkosen směrem k jeho konci a následně do něj budou stejnou metodou vyříznuty otvory, do kterých dosedne zmíněný nosník.

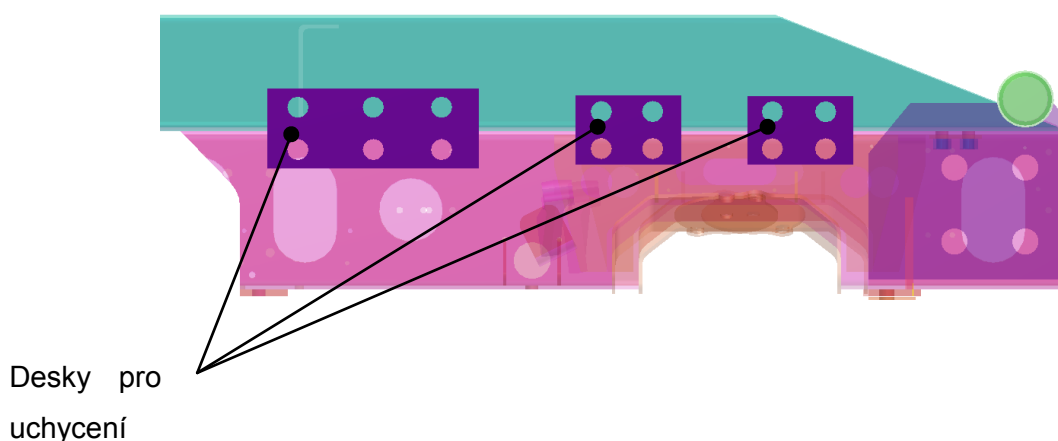
Vyztužení

Z důvodů větší pevnosti v příčném směru v pozici před nápravou bude rám vyztužen. Výztuha bude vyrobena ze stejného materiálu jako nástavba a následně přivařena po svém obvodu. Toto zpevnění by mělo rovněž zamezit tzv. „kroucení“ rámu.

Přípevnění k rámu a krytky

Tento rám bude vyroben z materiálu S460MC a k nosnému rámu bude přichycen 8 mm ocelovými plechy pomocí svařování (obr. 4.8). Desky budou přivařeny obvodově a navíc i vnitřně ve vyříznutých otvorech.

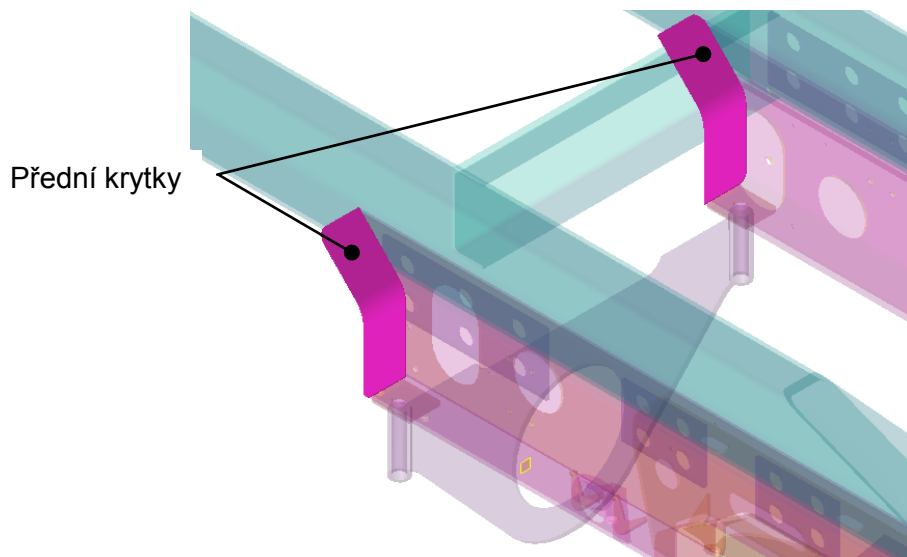
Rozměr větší desky vepředu je na délku 400 mm a výška je 150 mm. Dvě menší desky jsou dlouhé 200 mm při výšce 130 mm. Všechny desky jsou doplněny kruhovými otvory stejného průměru 40 mm. Takto připevněný rám by měl být dosti tuhý i pro plně zatížené auto v provozu.



Obr. 4.8 Boční desky pro spojení nosného rámu z nástavby

Krytky budou složité ke dvěma účelům. První funkcí, jak již vychází z jejich názvu, bude zaslepení vzniklých otvorů po úpravě rámu. Druhou funkcí bude dodatečné zpevnění vsazeného nosníku, ke kterému se krytky přivaří a nástavba tak bude ucelenější a tužší.

První typ krytek bude zaslepovat otvory v rámu i nástavbě (obr. 4.9). V přední části budou krytky čistě zaslepovací, v zadní části dojde i k jejich přivaření k nosníku korby. Druhý typ krytek bude po stranách v zadní části. Tyto krytky budou přivařeny na nosný rám pomocí svarů v otvorech uvnitř a v horní části bude s nimi spojen samotný nosník.

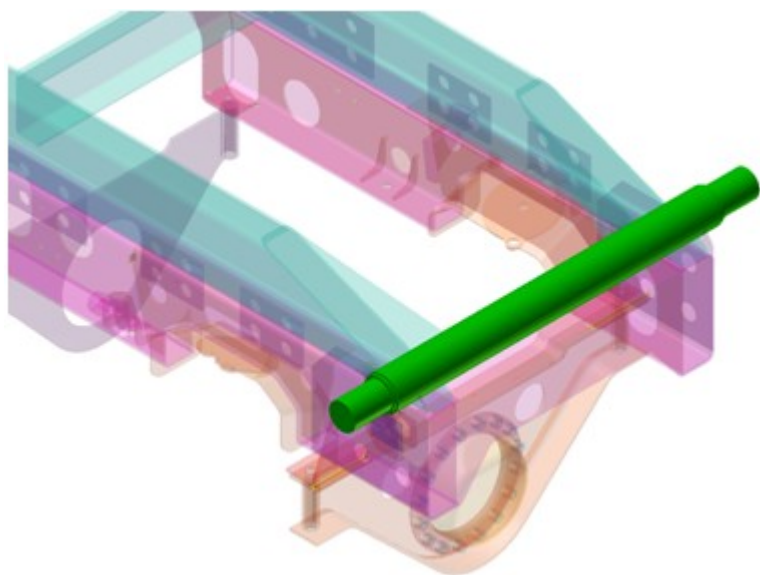


Obr. 4.9 Zaslepovací krytky v přední části rámu

4.2.7 Nosník korby

Jedná se o svařenec, vyrobený ze 3 kusů, prostřední centrální nosník kruhového průřezu, do kterého jsou na obou koncích vetknuty čepy a poté přivařeny.

Tento typ nosníku je běžně používán pro nákladní automobily Tatra a je k vidění na většině vozů se sklápěčovou nástavbou. Délka nosníku je 1304 mm, průměr centrální části je 108 mm a je vyroben z materiálu S355J0. [3]



Obr. 4.10 Nosník korby v zadní části návěsu

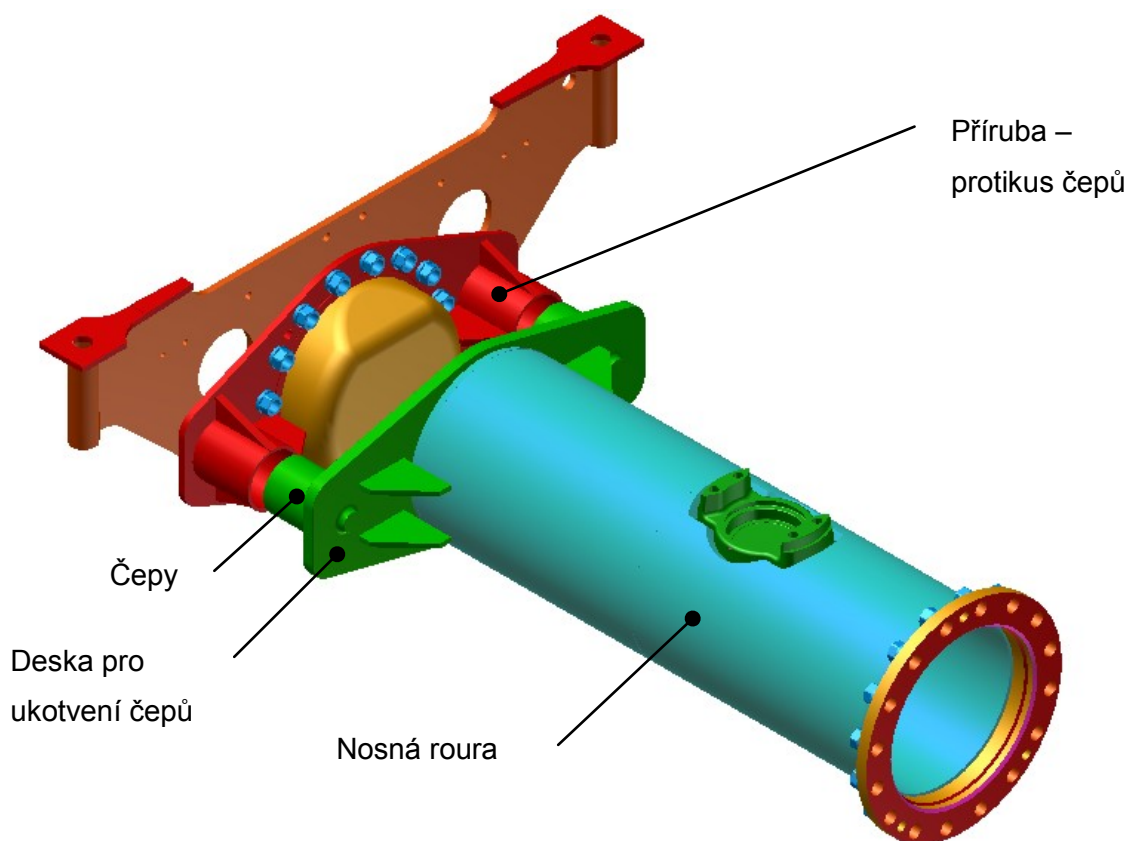
4.3 Řešení připojení nápravy k vedené části vozidla

Připojení nápravy je řešeno v oblasti nosné roury nápravy návěsu a zadního příčnicku nákladního vozu. Spojení bude realizováno pomocí čepového spoje. Na návěsu je navržen držák s čepy, který je připraven k nosné troubě návěsu. Na vozidlo bude k tomuto držáku s čepy vyroben protikus, do kterého se čepy zasunou a vznikne tak spojení.

Tento spoj bude také přenášet síly působící při běžném provozu, jeho jednotlivé části tedy musejí být navrženy a zpevněny tak, aby tyto síly mohly přenášet a zajistit tak bezproblémový provoz.

Připojení nápravy

- Deska pro ukotvení čepů
- Čepy
- Příruba - protikus čepů
- Nosná roura



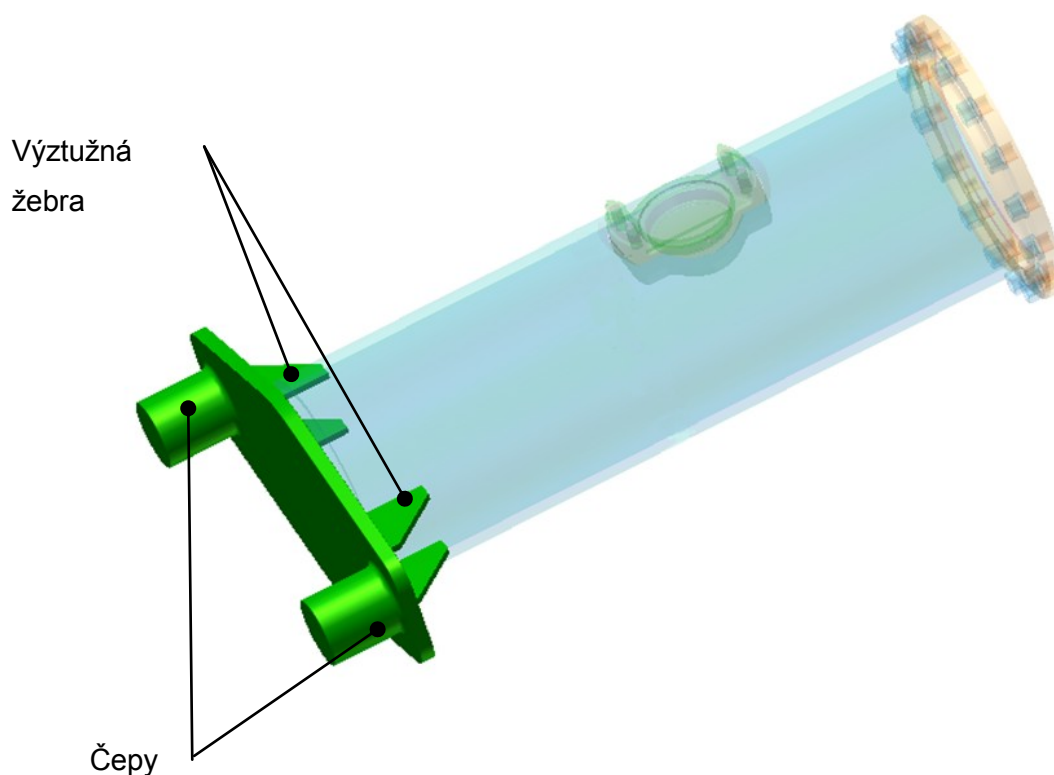
Obr. 4.11 Čepový spoj náprav

4.3.1 Deska pro ukotvení čepů

Samotný čepový spoj se skládá se zvýše zmíněných částí, jejichž základem je deska – výpalek, do které budou vsazeny čepy. Deska je zhotovena z materiálu S355 se dvěma otvory pro čepy.

Na výšku má deska 280 mm a na délku 600 mm při tloušťce 18 mm. Otvory pro vsazení čepů mají pak průměr 44 mm.

Po instalaci čepů bude deska navařena přímo na nosnou troubu. V původním návrhu byla deska k troubě přišroubovaná na principu přírub, avšak tento neekonomický systém (navíc výroba otvorů pro šrouby do desky, výroba příruby) byl nahrazen prostým navařením desky s čepy na přírubu. Tento způsob připojení se ukázal ve všech směrech lepší.



Obr. 4.11 Deska s čepy a výztuhami

Při konečné fázi bude deska navíc vyztužena několika žebry (budou navařeny v zadní části desky a na straně trouby) aby nedošlo k nechtěnému průhybu desky např. při napojování návěsu na nákladní automobil.

Žebra budou vyrobeny ze stejného materiálu, jako je deska i čepy, dobrá svařitelnost tedy bude zajištěna.

Čepy

Čepy budou vyrobeny ze stejného materiálu jako deska (obr. 4.11), na které budou přivařeny. Velký průměr čepu je 80 mm při délce 90 mm, malý průměr (část čepu uvnitř desky) potom 44 mm při délce 28 mm.

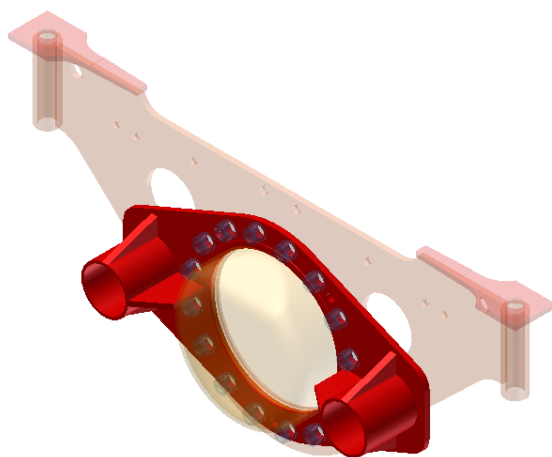
Uchycení čepů bude s obou stran desky, čímž se zajistí celková větší tuhost desky s čepy a tím i celého spoje.

4.3.2 Příruba - protikus čepů

Samotný protikus čepů, který je umístěn v zadní části vozu, bude realizován přímo jako příruba na zadním příčníku, kterou je zakončen klasický vůz. Tímto řešením se ušetří výroba nového systému připojení na zadní část vozu a zároveň se stane lehce demontovatelným. V případě odpojení návěsu se v zadní části vozu jednoduše vymění za klasicky používanou součást.

Samotný protikus poté bude vyroben ze stejného materiálu jako klasická příruba, a to z oceli S355. Rozměry příruby jsou následující. Délka je 600 mm a výška 280 mm. Tloušťka příruby je potom 10 mm. [3]

Na tuto přírubu budou následně navařeny ze stejného materiálu protikusy pro čepy. Jejich průměr je 84 mm a délka 100 mm při tloušťce 4 mm. Tyto protikusy budou po uchycení na přírubu vyztuženy ze tří stran trojúhelníkovými žebry, které celkový spoj zpevní a zajistí tak bezpečné spojení nákladního automobilu s návěsem.



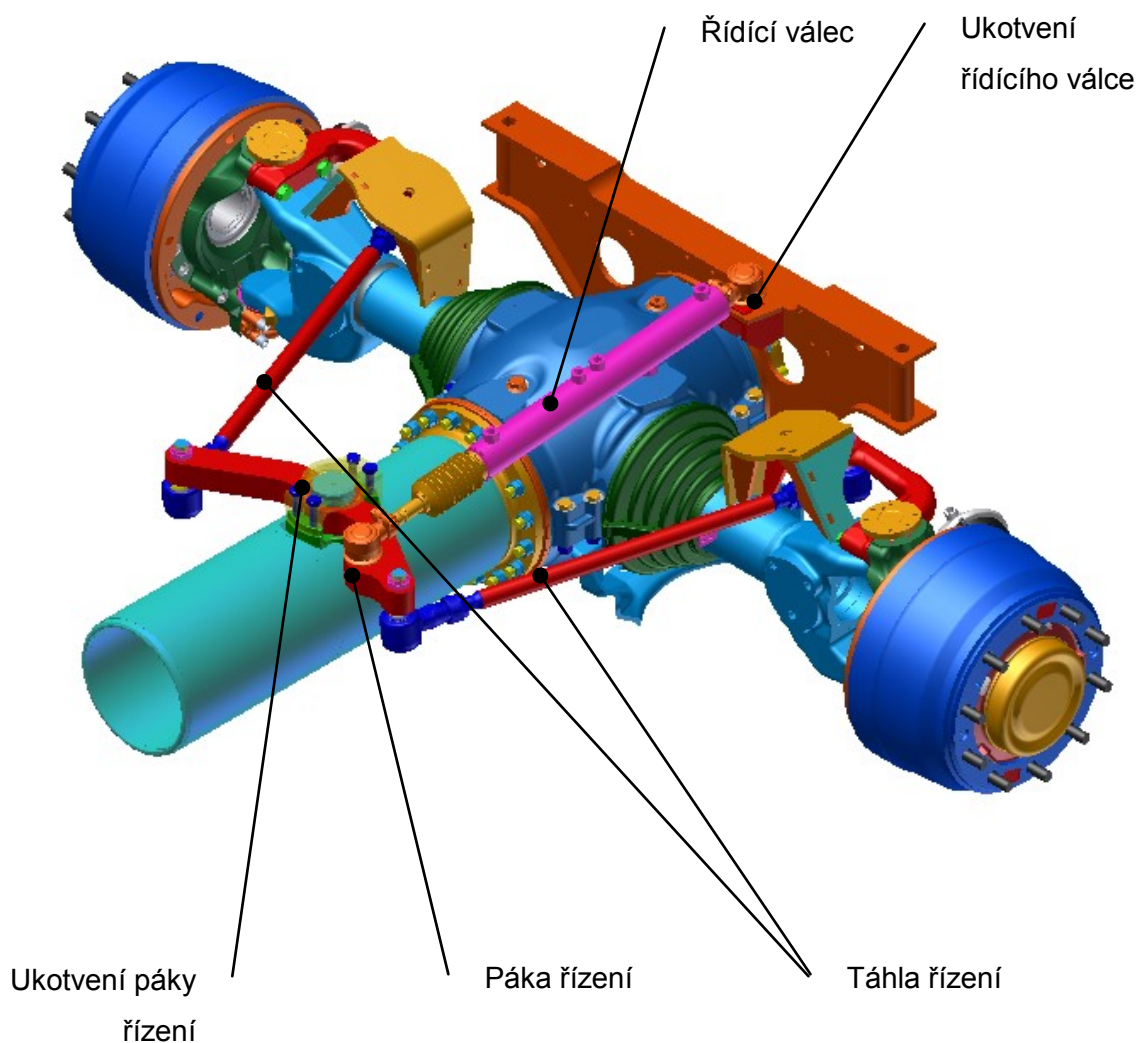
Obr. 4.12 Příruba s protikusy pro čepy

4.4 Návrh řízení a jeho umístění na podvozek návěsu

Náprava bude řešená jako samo natáčecí, tzn., že kdykoliv nákladní automobil společně s návěsem změni směr jízdy, náprava bude na tuto změnu směru reagovat a „pomůže“ se automobilu natočit. Celá tato operace je realizovaná pomocí táhel a řídicího válce na páce řízení.

Řízení nápravy

- Páka řízení
- Ukotvení řídicí páky
- Táhla řízení
- Řídicí válec
- Ukotvení řídicího válce



Obr. 4.13 Části řízení na nehnané nápravě

4.4.1 Princip řízení

Na řízení tahače bude umístěn hydraulický válec, jehož jeden konec je spojen s pevnou částí tahače (rám nebo nosná roura) a druhý konec je spojen s dvouramennou pákou řízení. Tato páka přes monoblok řízení prostřednictvím táhel ovládá natáčení kol tahače.

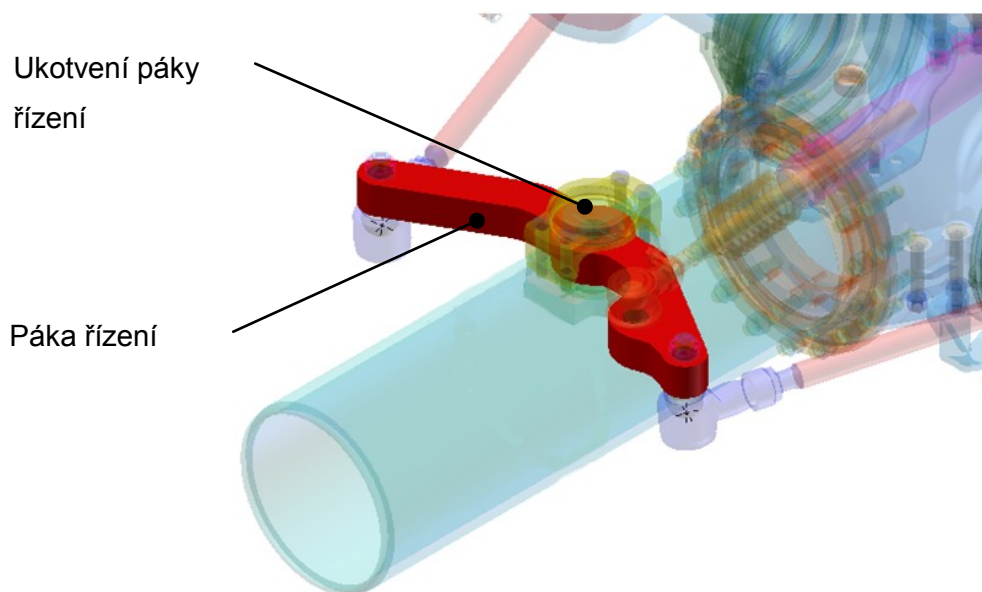
Tento hydraulický válec při natáčení kol tahače vytlačuje určité množství oleje, které se přes hadice a ocelové potrubí dostává do řídicího válce návěsu, který natáčí mezipákou řízení návěsu. Vhodným umístěním obou těchto hydraulických válců na mezipákách řízení jak tahače, tak návěsu, se dosáhne správného převodového poměru mezi natočením předních kol tahače a návěsu.

4.4.2 Páka řízení

Tento nezbytný prvek celého návěsu má za úkol pomocí táhel řízení a řídicího válce natáčet kola tak, jak se natáčí celý nákladní automobil, a tím ulehčit celý proces natáčení.

Celá páka bude konstrukčně řešena jako výpalek nebo výkovek z materiálu 15230 a povrchově zušlechtěna na pevnost 850 až 1000 MPa. Jako hlavní rozměr páky bych uvedl délku mezi krajními body, která je 626 mm o tloušťce 50 mm. [3]

Takto vyrobená páka (obr. 4.14) je otočně upevněna ve skříní, která je součástí nosné trouby návěsu. Na upevněnou páku se posléze namontují na okraje táhla řízení a do správné pozice rovněž řídicí válec.



Obr. 4.14 Páka řízení na nosné troubě

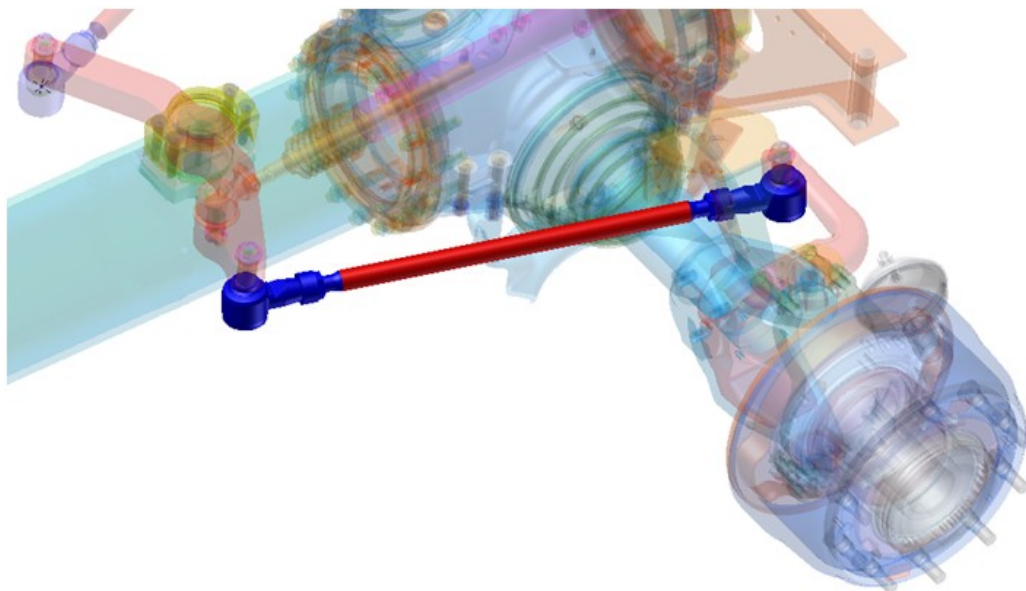
4.4.3 Ukotvení řídicí páky

Jak je vidět z obr. 4.14, řídicí páka je uchycena ve skříní, která se skládá ze dvou navzájem sešroubovaných protikusů, mezi které je pohyblivě uložena páka řízení.

Dolní část ukotvení je usazena napevno v centrální nosné rouře a připravena pro montáž řídicí páky. Ta se po nasazení na tento dolní díl skříně ve středu pojistí otočným čepem a tento celek je nakonec přiklopen horní části skříně. Spojení je provedeno čtyřmi šrouby M16x1,5x75.

Táhla řízení

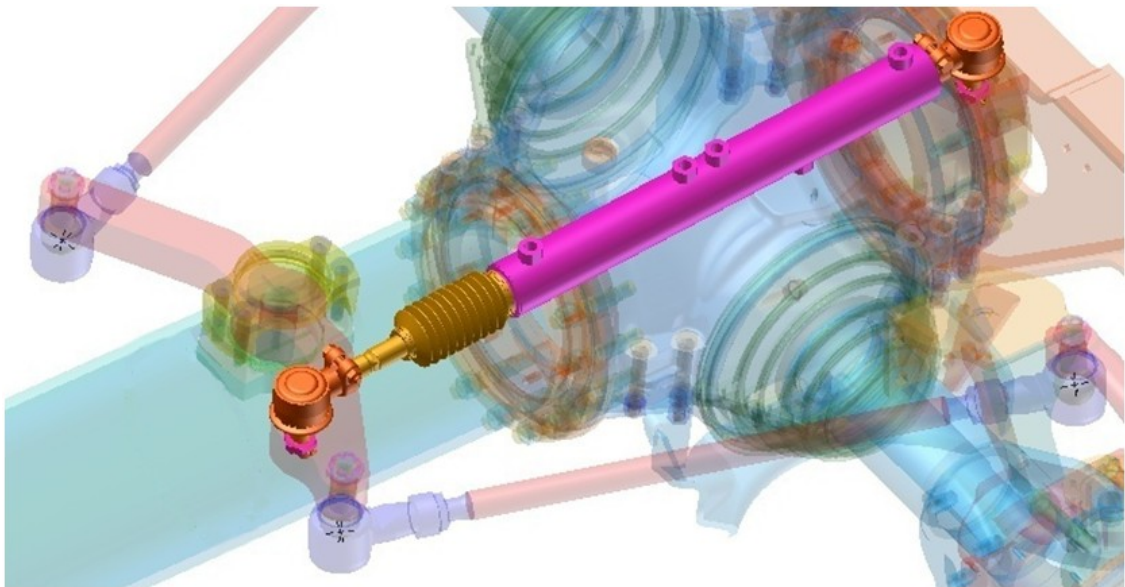
Tyto táhla se starají dle pokynů řídicí páky o natáčení kol a tím i celého návěsu. Jsou kloubově propojeny zespod řídicí páky a na polonápravách rovněž kloubově připojeny na páky řízení jednotlivých kol (obr. 4.15).



Obr. 4.15 Táhlo řízení mezi řídicí pákou a pákou na polonápravě

Řídicí válec

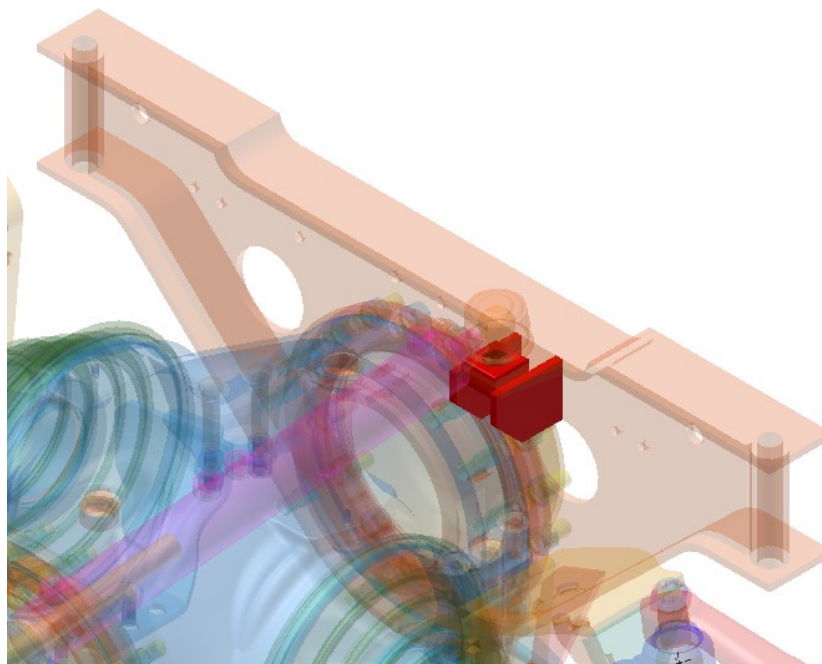
Tento válec bude mít funkci řízení celé nápravy, jednoduše řečeno, aby náprava věděla, jak má zatočit. Přes hadice bude spojen s předním válcem, který vytlačuje určité množství oleje do zadního válce na návěsu a ten následně ovládá páku řízení a přes táhla řízení kola návěsu.



Obr. 4.16 Řídící válec řízení

Ukotvení řídicího válce

Řídící válec je uchycen oboustranně přes kloubové spoje. Vepředu je uchycen v páce řízení a v zadní části návěsu je zasazen do vytvořeného pouzdra, které je navařeno na zadní příčnick. Toto pouzdro je přivařeno na zadní příčnick ve dvou místech pomocí 8 mm plechů. Tento příčnick byl následně také vyztužen a to z důvodu větších tahových sil v řídicím válci.



Obr. 4.17 Ukotvení řídicího válce na zadním příčnicku

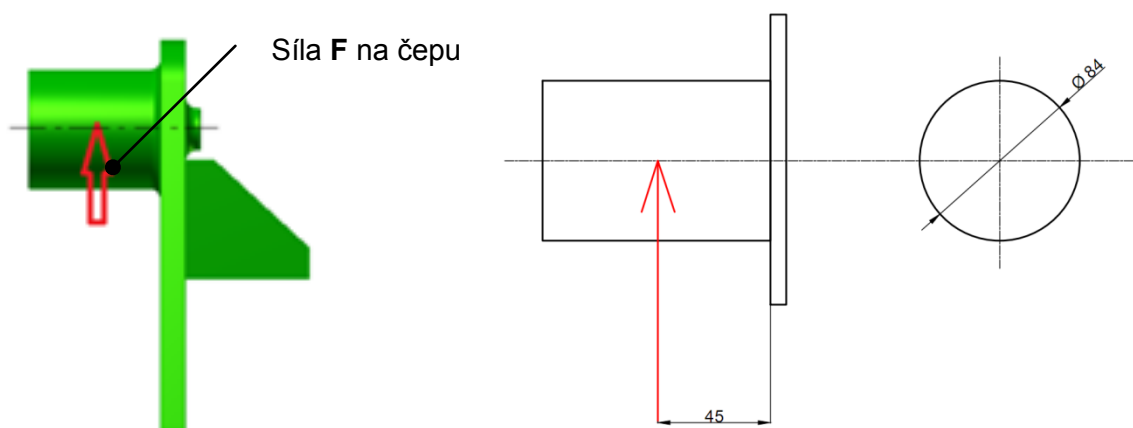
5 Pevnostní výpočet čepového spoje

Čepy slouží ke spojení návěsu s nákladním automobilem, budou tedy společně s rámovou nástavbou přenášet určité zatížení a je třeba zkontrolovat, jestli jsou schopny toto zatížení přenést. Budou provedeny dva kontrolní výpočty. První, pevnostní výpočet čepu na ohyb, bude zatížen poloviční silou F na rameni l , na konci zkontrolován dovoleným napětím v ohybu a bude navržen minimální průměr čepu. Druhý výpočet bude kontrola svaru, zdali přivařený čep vydrží namáhání na ohyb.

Kontrola čepu, na který působí ohybový moment

Kontrola čepu bude provedena na zatížení poloviční síly F , obr 5.1, jsou 2 čepy, síla se tedy rozloží mezi ně a bude mít poloviční hodnotu $F = 4 \text{ t} = 4000 \text{ kg} = 39240 \text{ N}$. Určení síly na čepy je vyvozeno s tíhy na nápravu, která je rovna 10 t a zmenšena o třecí součinitel asfaltu, který je $f_A 0,8$. Síla bude mít působiště uprostřed čepu na délce $l = 45 \text{ mm}$, samotný průměr čepu je potom zvolen $D = 84 \text{ mm}$.

Čepy i samotná nosná deska jsou vyrobeny z materiálu S355, ocel s pevností na mezi kluzu $R_e = 355 \text{ MPa}$, bezpečnost je zvolena $k = 3$.



Obr. 5.1 Působení síly F na rameni l na čep

Napětí v ohybu v místě čepu

V prvním bodě pro kontrolu čepu je vypočteno maximální ohybové napětí dle vzorce 5.1, které v daném místě na čep působí. Ohybový moment je určen výše zmiňovanou silou, která na čep působí ve vzdálenosti 45 mm od jeho uchycení. Modul odporu průřezu v ohybu je stanoven pro kruhový průřez dle strojnických tabulek.

$$\begin{aligned}\sigma_o &= \frac{M_o}{W_o} \\ \sigma_o &= \frac{F \cdot l}{\frac{\pi \cdot D^3}{32}} \\ \sigma_o &= \frac{39240 \cdot 45}{\frac{\pi \cdot 84^3}{32}} \\ \sigma_o &= \frac{1765800}{58188,6} \\ \sigma_o &= \underline{\underline{30,3MPa}}\end{aligned}\tag{5.1}$$

Dovolené napětí v ohybu

Následuje kontrola dovoleného napětí dle vzorce 5.2. Z tabulek je určeno napětí na mezi kluzu, které je rovno $R_e = 355 \text{ Mpa}$ a zvolena bezpečnost spoje, $k = 3$.

$$\begin{aligned}\sigma_{Do} &= \frac{R_e}{k} \\ \sigma_{Do} &= \frac{355}{3} \\ \sigma_{Do} &= \underline{\underline{118,3MPa}}\end{aligned}\tag{5.2}$$
$$\sigma_o \leq \sigma_{Do} \dots \text{vyhovuje}$$

Ohybové napětí je ve výsledku mnohem menší, nežli napětí dovolené, kontrola spoje namáhaného na ohyb je tedy v pořádku, materiál by snesl i větší zátěž.

Návrh průměru čepu d'

Dle výsledného dovoleného napětí byl stanoven minimální průměr čepu, který by dané zatížení snesl.

Vychází se zde z rovnice pro ohyb, ze které je určen vzorcem 5.3

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{DO}$$

$$d' = \sqrt[3]{\frac{32 * F * l}{\sigma_{Do} * \pi}}$$

$$d' = \sqrt[3]{\frac{32 * 39240 * 45}{118,3 * \pi}}$$

$$d' = \sqrt[3]{\frac{113011200}{118,3 * \pi}}$$

$$\underline{\underline{d' = 67,2 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}}}$$

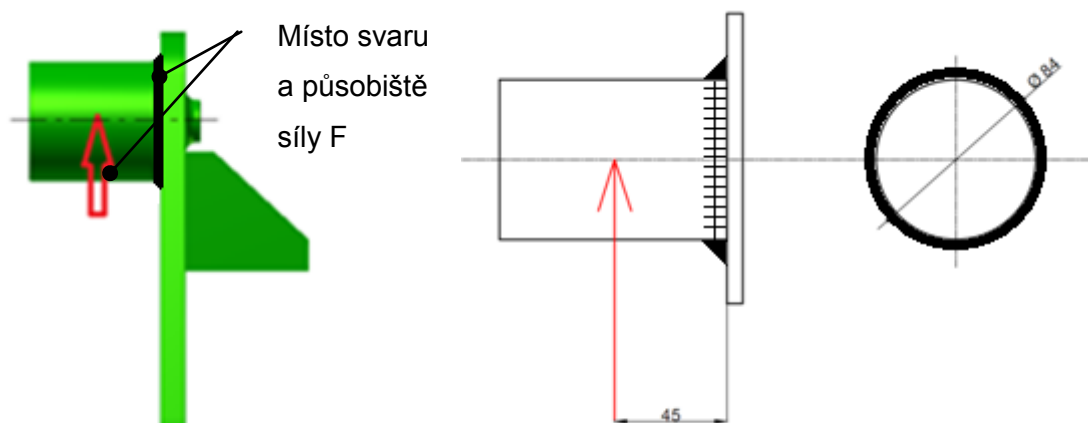
(5.3)

Minimální průměr čepu, který by stanovené napětí vydržel je roven $d' = 67,2 \text{ mm}$, průměr čepu $d = 84 \text{ mm}$ je tedy dimenzován správně.

Kontrola koutového svaru čepového spoje

Čep bude přivařen k desce po svém obvodu koutovým svarem, je tedy třeba přezkontrolovat, zdali svar vydrží ohybový moment, který vznikne od síly $F = 4 \text{ t} = 4000 \text{ kg} = 39240 \text{ N}$ působící na čep ve vzdálenosti 45 mm od desky.

Tloušťka svaru je zvolena $t = 10 \text{ mm}$ z důvodu velkého namáhání čepu v místě svaru. Charakteristický rozměr svar je potom určen z rovnice $a = 0,7 * t = 0,7 * 10 = 7 \text{ mm}$.



Obr. 5.3 Schéma čepu přivařeného k desce

Napětí od ohybového momentu

Ohybový moment je stanoven stejně, jako v předchozím výpočtu, tedy silou $F = 4 \text{ t}$ na rameni $l = 45 \text{ mm}$. Modul odporu průřezu je dle strojnických tabulek určen pro mezikruží. První hodnota zde představuje průměr čepu, druhá je potom zvětšená o velikost svaru.

$$\tau_{\perp} = \frac{M_o}{W_o}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F \cdot l}{\frac{\pi}{32} \cdot \left(\frac{(D + 2a)^4 - D^4}{D + 2a} \right)}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{39240 \cdot 45}{\frac{\pi}{32} \cdot \left(\frac{(84 + 2 \cdot 7)^4 - 84^4}{84 + 2 \cdot 7} \right)}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{1765800}{42525,4}$$

$$\tau_{\perp} = \underline{\underline{41,5 \text{ MPa}}}$$

(5.4)

Výsledné napětí je po dosazení do vzorce 4.5 rovno $\tau_{\perp} = 41,5 \text{ MPa}$.

Smykové napětí

Smykové napětí je vypočteno rovněž pro zatížení silou F a pro průřez, který odpovídá mezikružím

$$\begin{aligned}\tau_{\Pi} &= \frac{F}{S} \\ \tau_{\Pi} &= \frac{F}{\pi \cdot (D + 2a)^2 - D^2} \\ \tau_{\Pi} &= \frac{39240}{\frac{\pi}{4} \cdot (84 + 2 \cdot 7)^2 - 84^2} \\ \tau_{\Pi} &= \underline{\underline{19,6 MPa}}\end{aligned}\tag{5.5}$$

Výsledné napětí

$$\begin{aligned}\tau_{\text{výsl.}} &= \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\Pi}}{k_4}\right)^2} \leq \beta \cdot \sigma_{Dt} \\ \tau_{\text{výsl.}} &= \sqrt{\left(\frac{41,5}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{19,6}{0,65}\right)^2} \leq \beta \cdot \sigma_{Dt} \\ \tau_{\text{výsl.}} &= 63 \text{ MPa} \leq \beta \cdot \sigma_{Dt}\end{aligned}\tag{5.6}$$

Kontrola výsledného napětí s bezpečností

$$\begin{aligned}\tau_{\text{výsl.}} &\leq \beta \cdot \sigma_{Dt} \\ \tau_{\text{výsl.}} &\leq 1 \cdot \frac{355}{3} \\ \tau_{\text{výsl.}} &\leq 118,3 \text{ MPa}.\end{aligned}\tag{5.7}$$

$$\tau_{\text{výsl.}} \leq \beta \cdot \sigma_{Dt} \dots \text{vyhovuje}$$

Převodní součinitele k_3, k_4 jsou zvoleny dle ČSN 05 0120. Mez kluzu materiálu je zvolena dle tabulek EN pro materiál S355 $R_e = 355 \text{ MPa}$. Součinitel koutového svaru β pro $t > 10$ je roven $\beta = 1$.

Výsledné napětí $\tau_{\text{výsl.}} = 63 \text{ MPa}$ je menší než napětí dovolené $\tau_{\text{výsl.}} \leq 118,3 \text{ MPa}$, spoj tedy vyhovuje.

6 Finanční pohled – ekonomické hledisko

Každého potencionálního zákazníka samozřejmě zajímá, kolik by touto přestavbou ušetřil a kdy se mu vyšší pořizovací cena s této přestavby eventuálně vrátí. Touto problematikou jsem se v mé práci také okrajově zabýval, a i když se zdá, že prioritou byl konstrukční návrh návěsu, ekonomické hledisko a to, proč vlastně tento nápad vznikl, je jednou z nejpodstatnějších věcí, která bude produkt prodávat.

Jelikož tento návěs bude novinkou pro vozy Tatra, obrátil jsem se s prosbou pomoci ohledně ekonomické stránky řešení na třineckou firmu Doprava TŽ a.s., která má bohaté zkušenosti s dopravou materiálu nákladními vozidly, aby mi pomohli s přibližnými kalkulacemi, výhodami a popřípadě i nevýhodami nákladních vozů Tatra s návěsy oproti klasickému sólo vozu.

Jak se lidově říká, každý chce vidět výsledná čísla zisků nebo výdajů černé na bílém a ne jen z doslechu, kde prodejce namluví potencionálnímu zákazníkovi kdejaká čísla, jen aby vydělal na prodeji. Proto jsem se rozhodl uvést zde tabulky, ve kterých jsou veškeré hodnoty, které musí majitel dopravní firmy vynaložit na roční provoz.

Celkově zde uvádím tabulky dvě, které se liší v zadání procentuálního počtu sólo jízd nákladních automobilů, přičemž 0% v řádku 7 tab. 6.1 a 6.2 znamená, že vůz jezdil neustále s přívěsem a 100% sólo jízd znamená, že se jezdilo výhradně bez přívěsu.

Po analýze a dosazování a zkoumání počtu jízd ve srovnání klasického vozu a vozu s návěsem jsou v tabulkách uvedeny dvě hodnoty, a to 26% resp. 100% sólo jízd. Výsledky těchto dosazení byly mile překvapující a troufám si říci, že by nejednoho dopravce přesvědčily o koupi toho systému (čili nákladní automobil Tatra + pevný návěs).

Počáteční informace pro orientaci v tabulce:

- nákladní automobily jsou zakoupeny nové, na objednávku
- cena pevného návěsu je přibližně stanovena na 850 000,- Kč (rozdíl oproti sklápěcí nástavbě na sólo sklápěč + 500 000 Kč)
- hodnota spotřeby vozidla + pevný návěs je odvozena na + 6 l/100km
- počet 200 pracovních dnů v roce pro provoz soupravy je stanoven dopravcem
- informace ohledně nákladů jsou získány buď z platných ceníků, nebo již výše uvedenými zkušenostmi dopravce (Doprava TŽ a.s.)

6.1 Provoz nákladního automobilu při 26% sólo jízd

Typ vozidla	Tatra 8x8 S1 E5 - objednávka	Tatra 8x8 S1 E5 - objednávka
Celková hmotnost sólo (kg)	32 000	42 000
Celková hmotnost souprava (kg)	32 000	42 000
Užitečná hmotnost sólo (kg)	15 500	23 500
Užitečná hmotnost souprava (kg)	15 500	23 500
1 Kupní cena (Kč)	3 100 000 Kč	3 600 000 Kč
2 Průměr. spotřeba sólo (L/100km)	41,0	47,0
3 Průměr. spotřeba souprava (L/100km)	41,0	47,0
4 Cena paliva (Kč/L)	28,60	28,60
5 Počet provozov. dnů za rok	200	200
6 Doba odpisu (měs.)	60	60
7 Sólo jízdy	26%	26%
8 Roční výkon (km/rok)	50 000	50 000
9 Servisní prohlídka (Kč)	25 000	25 000
10 Interval servis (km)	50 000	50 000
11 Roční opravy (Kč)	40 000	40 000
Variabilní náklady (Kč/km)		
12 Náklady na palivo	11,726	13,442
13 Náklady na provozní hmoty	0,5	0,5
14 Náklady na pneu	2,54	5,08
15 Opravy/garanční prohlídky	0,8	0,8
16 Výkonová mzda	4,32	4,32
17 Soc. + zdrav. poj.	1,4688	1,4688
18 Součet var. nákladů (Kč/km)	21,355	25,611
Fixní náklady (Kč/rok)		
19 Roční odpis	620 000	720 000
20 Silniční daň	17 316	22 308
21 Povinné ručení	7 224	18 991
22 Havarijní pojištění	46 500	54 000
23 Elektronické mýto	28 800	28 800
24 Režijní náklady	144 000	144 000
25 Součet fix. nákladů (Kč)	863 840	988 099
26 Denní fixní nákl. (Kč/den)	4 319,2	4 940,5
Celkové náklady		
27 Roční hrubá mzda (Kč)	216 000	216 000
28 Soc. + zdrav. poj.(Kč/rok)	73 440	73 440
29 Celkové náklady (Kč/km)	38,632	45,373
30 Náklady na den (Kč)	9 658	11 343
31 Celk. nákl. na rok (Kč)	1 931 580	2 268 639
Roční výkon (km/rok)	50 000	50 000
Roční výkon (t)	15 500	23 500
Náklady na 1 t	124,62	96,54
Délka obratu (km)	50	50
Počet obrátů/den	5	5

Denní počet km (km)	250	250
Tržby sólo (Kč/t)	130,33	130,33
Tržby souprava (Kč/t)	90,33	90,33
Roční tržby (Kč)	1 561 315 Kč	2 367 155 Kč
Tržby (Kč/km)	31,2	47,3
Denní tržba (Kč)	7 807 Kč	11 836 Kč
Denní zisk (Kč)	-1 851 Kč	493 Kč
Roční zisk (Kč)	-370 265 Kč	98 516 Kč

Tab. 6.1 Údaje pro roční náklady a zisk z provozu Tatry 8x8 a 10x8 - 26% sólo jízdy

6.2 Provoz nákladního automobilu při 100% sólo jízd

Typ vozidla	Tatra 8x8 S1 E5 - objednávka	Tatra 10x8 EURO 5 - objed
Celková hmotnost sólo (kg)	32 000	42 000
Celková hmotnost souprava (kg)	32 000	42 000
Užitečná hmotnost sólo (kg)	15 500	23 500
Užitečná hmotnost souprava (kg)	15 500	23 500
1 Kupní cena (Kč)	3 100 000 Kč	3 600 000 Kč
2 Průměr. spotřeba sólo (L/100km)	41,0	47,0
3 Průměr. spotřeba souprava (L/100km)	41,0	47,0
4 Cena paliva (Kč/L)	28,60	28,60
5 Počet provozov. dnů za rok	200	200
6 Doba odpisu (měs.)	60	60
7 Sólo jízdy	100%	100%
8 Roční výkon (km/rok)	50 000	50 000
9 Servisní prohlídka (Kč)	25 000	25 000
10 Interval servis (km)	50 000	50 000
11 Roční opravy (Kč)	40 000	40 000
Variabilní náklady (Kč/km)		
12 Náklady na palivo	11,726	13,442
13 Náklady na provozní hmoty	0,5	0,5
14 Náklady na pneu	2,54	5,08
15 Opravy/garanční prohlídky	0,8	0,8
16 Výkonová mzda	4,32	4,32
17 Soc. + zdrav. poj.	1,4688	1,4688
18 Součet var. Nákladů (Kč/km)	21,355	25,611
Fixní náklady (Kč/rok)		
19 Roční odpis	620 000	720 000
20 Silniční daň	17 316	22 308
21 Povinné ručení	7 224	18 991
22 Havarijní pojištění	46 500	54 000
23 Elektronické mýto	28 800	28 800

24 Režijní náklady	144 000	144 000
25 Součet fix. nákladů (Kč)	863 840	988 099
26 Denní fixní nákl. (Kč/den)	4 319,2	4 940,5
Celkové náklady		
27 Roční hrubá mzda (Kč)	216 000	216 000
28 Soc. + zdrav. poj.(Kč/rok)	73 440	73 440
29 Celkové náklady (Kč/km)	38,632	45,373
30 Náklady na den (Kč)	9 658	11 343
31 Celk. nákl. na rok (Kč)	1 931 580	2 268 639
Roční výkon (km/rok)		
Roční výkon (t)	50 000	50 000
Náklady na 1 t	15 500	23 500
Délka obratu (km)	124,62	96,54
Počet obrátů/den	50	50
Denní počet km (km)	250	250
Tržby sólo (Kč/t)	130,33	130,33
Tržby souprava (Kč/t)	90,33	90,33
Roční tržby (Kč)	2 020 115 Kč	3 062 755 Kč
Tržby (Kč/km)	40,4	61,3
Denní tržba (Kč)	10 101 Kč	15 314 Kč
Denní zisk (Kč)	443 Kč	3 971 Kč
Roční zisk (Kč)	88 535 Kč	794 116 Kč

Tab. 6.2 Údaje pro roční náklady a zisk z provozu Tatry 8x8 a 10x8 - 100% sólo jízdy

6.3 Výsledky průzkumu u autodopravce

U hodnoty 26% jízdy dle ceníku sólo je zřejmý ten fakt, že i když dopravce, který si navíc pořídí návěs k novému vozu, což ho vyjde o půl milionu korun více, v ročním zisku v porovnání s dopravcem s klasickým vozem již bude v kladných číslech, a to hlavně díky tomu, že v tržbách za rok vydělá o 800 000 Kč více.

Takže celkově vzato, i když dopravce na začátku, při pořizování nového vozu s přestavbou zaplatí o půl milionu více, již po roce se tato investice vrátí, což je vidět v ročním zisku, zatímco sólo vůz bez přestavby je stále v minusových číslech cca - 400 000,- Kč (nákladní automobil ještě nevydělává), automobil s přestavbou je již sto tisíc v plusu a tím se vlastně vyrovná počáteční investice, kterou dal majitel při pořizování vozu s přestavbou.

Ve druhé tabulce, kdy je počítáno, že oba dopravci, jak se sólo vozem, tak vozem s přestavbou budou neustále jezdit dle ceníku pro sólo vozidlo, je již vidět rozdíl v ročním zisku skoro 700 000,- Kč, přitom přestavěný vůz bude mít zhruba o milión korun větší tržbu než vůz bez přestavby.

6.4 Vyhodnocení ekonomického hlediska

Jak bylo na začátku zmíněno, každý rád vidí výsledky černé na bílém a myslím si, že v tomto případě mluví za vše. Takže kdyby se budoucí provozovatel rozhodoval mezi variantami klasického vozu a vozu s pevným návěsem, čísla by ho měla přesvědčit o tom, že se jedná o dobrou investici s výhledem dobrého zisku do budoucna.

U ekonomické studie je počítáno s tím, že dopravce si kupuje vůz proto, aby s ním jezdil co nejvíce, je tedy jako počet provozovaných dnů, kdy vůz vydělává uvedeno min. 200. Na druhou stranu, kdyby dopravce s vozem jezdil o dost méně, bylo by na uvažovanou, nákladní automobil si vypůjčit nebo pronajmout na dobu, na kterou ho dopravce potřebuje. Jestliže někdo bude potřebovat vůz na 50 dnů v roce, přestavbu nemá smysl realizovat, ta je určena pro ty, kteří jsou schopni využít potenciál pevného návěsu (mají časově dostatečně využitý svůj vozový park).

7 Připojení a provoz – výhled do budoucna

Po jízdních zkouškách nákladního automobilu s návěsem se rozhodne, zdali bude použit zkručný stabilizátor, který by snížil případné naklánění návěsu při průjezdu zatáčkami. Obdobný systém používá Tatra i na říditelné přední nápravě.

Do budoucna bude také zájmem výrobce tohoto návěsu vymyslet zvedání této nápravy pro jízdu s prázdným vozidlem, tak jak to nabízí např. firma VS-Mont. Tímto vylepšením by se výrazněji šetřilo palivo a pneumatiky při jízdě s prázdným vozidlem.

Výrobou a provozem návěsové nástavby pro vozy Tatra by se mohla do budoucna zabývat například výše zmiňovaná slovenská firma VS-Mont, která má v tomto odvětví bohaté zkušenosti a sama se návrhem nehnatých návěsu zabývá. Rovněž by se zde dala vyrobit zvětšená korba pro 5-ti osý nákladní automobil.

8 Zhodnocení a závěr

Stanovením cílů diplomové práce, definicí návěsů a přehledem jejich historie a současnosti byly splněny teoretické požadavky práce, které vedou čtenáře k pochopení problematiky pevných návěsů a vysvětlují možnosti jejich použití v běžném provozu. V návaznosti na teoretickou část byl zpracován přehled možných nástaveb, které by byly vhodné pro nákladní vůz s návěsem. Pro kompletnost jsou ještě uvedeny typy a počty náprav, jakými jsou vozy Tatry vybaveny.

Po důkladných konzultacích s konstruktéry Tatry byly vytvořeny v programu Autodesk Inventor požadované části návěsu tak, jak byly stanoveny v cílech práce. Výslednému řešení předcházelo teoretické řešení problému a v samotné konstrukční části také neustálé změny řešení, aby výsledná konstrukce byla co nejjednodušší, lehce vyrobitelná a v neposlední řadě také co nejméně finančně náročná.

Na začátku konstrukčního řešení byl upraven stávající rám s nápravou pro účely přestavby na nehnaný návěs. Nejprve se zkrátil původní rám a byly pro něj přizpůsobeny 2 příčníky, přední a zadní, který byl zároveň vyztužen. Dále byla navržena nástavba rámu, která slouží ke spojení rámu nápravy s nákladním vozem. Pro tuto nástavbu bylo také navrženo spojení s nosným rámem nápravy a v její zadní části zakomponován nosník korby.

K připojení návěsu k zadní části automobilu je dále použit čepový spoj, který je přivařen k centrální nosné troubě. Na zadním příčníku nákladního vozu je navržena vyměnitelná příruba, která tvoří protikus pro čepy. Obě tyto části, čepy i protikus jsou pro větší pevnost vyztuženy. Po této konstrukci je na nápravu umístěno řízení, které je pomocí řídicího válce spojeného hydraulickým potrubím s válcem natáčené přední nápravy a ovládá dle potřeby zatáčení návěsu.

V místě čepového spoje, který se skládá z desky a samotných čepů, byl navržen svar namísto původního spoje přírubou, ušetří se tak výroba příruby a spojovací materiál, v tomto případě šrouby. Protikus čepů, do kterého se samotné čepy nasunou a vytvoří tak spojení mezi nákladním vozem a návěsem, je navržen jako součást zadní příruby, která je připevněna na zadním příčníku vozu. Toto umístění na zadní přírubu nijak nezasahuje do nákladního automobilu jako celku a je zaměnitelné za původní přírubu.

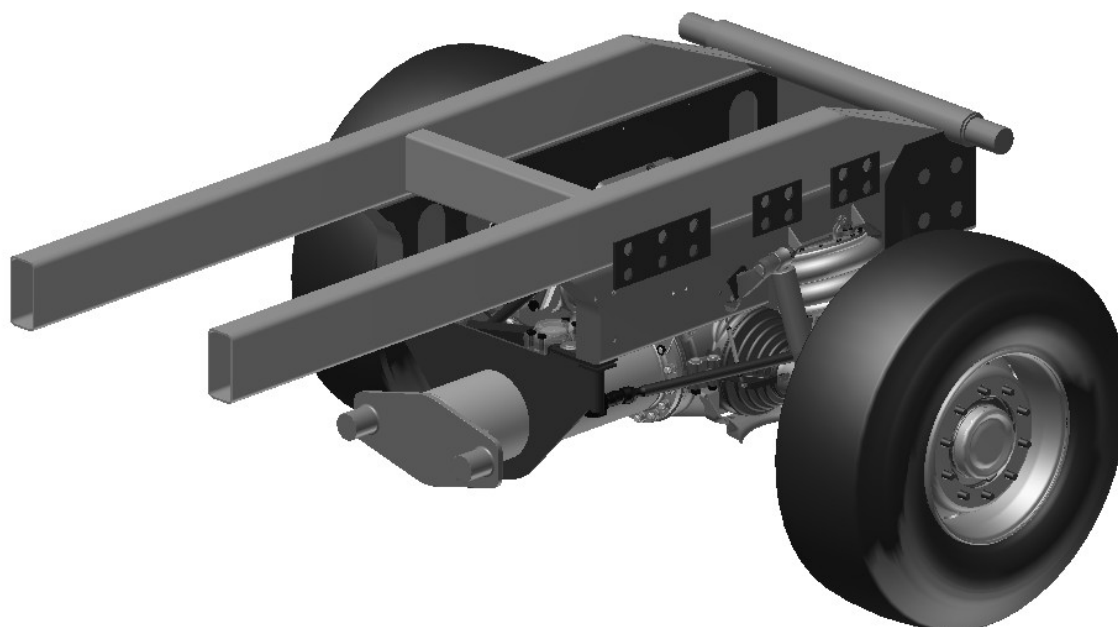
Po splnění konstrukčního řešení přišla na řadu kontrola čepového spoje v místě spoje návěsu s vozidlem. Čepy byly zatíženy vypočtenou silou a podrobeny výpočtu ohybovému momentu. Výsledná napětí byla menší než dovolená a spoj tak může být vystaven namáhání. Pevnost čepového spoje se rovněž ověří při jízdních zkouškách.

Dalším bodem z požadavků zadavatele byl pohled na ekonomické hledisko, které je zpracováno v bodě 6 Finanční pohled – ekonomické hledisko osnovy práce. Tato problematika se řešila formou konzultací ve firmě Doprava TŽ, a.s., která má své sídlo v Třinci a díky bohatým zkušenostem se nám podařilo zkompletovat získané výsledky a hodnoty. Vyhodnocení a výsledné hodnoty jsou zapsány rovněž v bodě 6 osnovy diplomové práce.

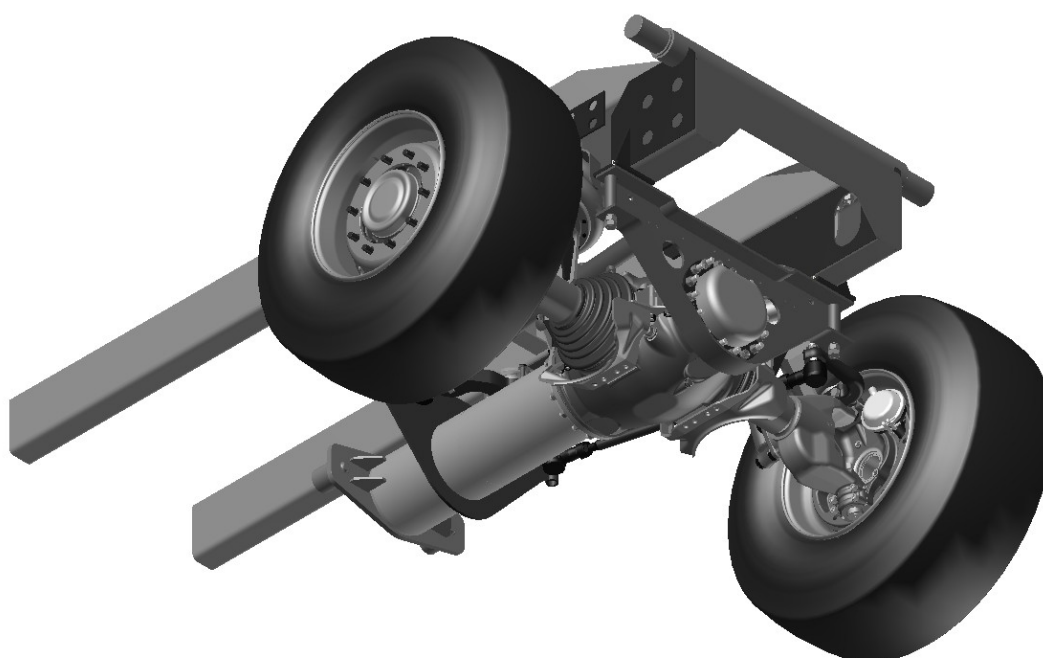
Pro kompletaci a splnění všech cílů práce a požadavků jejího zadavatele, Tatry, a.s. je zhotoven výkres sestavy. Jedná se o Tatra T815 s osmi nápravami, přičemž na konci vozu je připojen návěs i s prodlouženou korbou. Tento výkres je ještě doplněn sestavou, která obsahuje všechny prvky, se zaměřením na konstruované části a výrobní výkres výztuže korby.

Po splnění všech cílů a požadavků je ve finále této práce návrh nehnané nápravy Tatra pro návěs, připraven pro budoucího výrobce této nástavby.

9 Vizualizace návěsu



Obr. 9.1 Přední pohled na návěs



Obr. 9.2 Návěs – pohled zespodu na nápravu

10 Seznam použitých pramenů

Použitá literatura:

- [1] JEŘÁBEK, K. – HELEBRANT, F. – JURMAN, J. – VOŠTOVÁ, V. *Stroje pro zemní práce, Silniční stroje*. Opava: Grafis spol. s.r.o., 1996, 486 s.
- [2] LEINVEBER, J. – VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*, Albra, Úvaly, 2008, 910 s.
- [3] Informace a podklady dodané konzultantem DP – JUŘÍČEK J. (Tatra a.s.)
- [4] Informace a podklady dodané konzultantem DP – ZAWADA. T. (Doprava TŽ a. s.)

Internetové zdroje:

Pro vyhledávání fotek a podkladů byl použit internetový vyhledávač Google.

- [5] URL: <http://tatra.cz>
- [6] URL: <http://cs.wikipedia.org>
- [7] URL: <http://vsmont.sk/>

Použitý software:

- [8] Inventor 2011
- [9] Autocad 2011
- [10] Sada Microsoft Office 2007
- [11] Gimp 2

11 Přílohy

[1]	CD	
[2]	Výkres sestavy	DRO117 – 01 S
[3]	Výkres sestavy	DRO117 – 02 S
[4]	Výrobní výkres	DRO117 – 01 V